

STATUT DES PRÉCIPITATIONS ACIDES AU QUÉBEC ET MESURE  
D'ÉCHANTILLONNAGE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS  
CLIMATIQUES

Par  
Isabelle Audet

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de  
l'obtention du grade de maître en Environnement (M. Env.)

Sous la direction de Rock Ouimet

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, 10 juin 2011

## SOMMAIRE

Mots clés : Précipitations acides, pluies acides, dépôts acides, changements climatiques, réseaux d'échantillonnage.

Depuis le début de l'ère industrielle, d'innombrables manifestations de la problématique que sont les précipitations acides ont pu être observées. Néanmoins, l'éveil de la population à ce problème environnemental important ne s'est produit qu'il y a une trentaine d'années. Les dépôts acides dans l'environnement provoquent de nombreux effets néfastes qui peuvent être aisément observés à travers le monde, y compris au Québec. De plus, il est indiscutable que ces impacts environnementaux ont le potentiel de provoquer d'importantes répercussions économiques et sociales comme la disparition de l'industrie acéricole québécoise.

Suite à ces observations, de nombreuses actions ont été entreprises par les gouvernements fédéral et provincial afin de freiner cette problématique grandissante ou du moins, la restreindre. Un système de surveillance de l'acidité des précipitations, aujourd'hui connu sous le nom de Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP), a ainsi été expressément mis sur pied au Québec dans le but de vérifier l'efficacité de ces actions.

Conscient de son potentiel et des besoins en la matière, les coordonnateurs du PSQP visent une amélioration continue du réseau. L'élaboration de cet essai entre parfaitement dans cette vision. Concrètement, ce document a comme objectif général de contribuer au perfectionnement du PSQP par la présentation d'un portrait sommaire de la qualité des précipitations au Québec, par l'analyse comparative des méthodes d'échantillonnage utilisées dans différents réseaux de surveillance mondiaux et finalement, par la caractérisation des impacts potentiels des changements climatiques sur l'acidité des précipitations québécoises.

En outre, ce document rassemble de nombreuses informations qui pourraient s'avérer pertinentes et utiles en vue d'un perfectionnement continu du PSQP. En effet, en plus

d'offrir plusieurs recommandations, cet essai propose une vue d'ensemble de la problématique des précipitations acides et des méthodes d'échantillonnage utilisées à travers le monde dans le contexte de changements climatiques que connaît actuellement le Québec.

## **REMERCIEMENTS**

J'aimerais d'abord remercier énormément mon directeur d'essai, Rock Ouimet, pour m'avoir généreusement assistée lors de la rédaction de cet essai. Ses connaissances et conseils m'ont été d'une aide précieuse. Merci également à Pierre-Yves St-Louis pour son soutien et son savoir ainsi qu'à France Delisle pour m'avoir offert cette merveilleuse opportunité.

J'aimerais aussi souligner l'implication de mes amies, Sarah Lambert, Dominique Robert-Dubord, Audrey Morin, Marie-Christine Alarie, Elsa Laurens et Dana Miskovic pour le bon maintien de mon équilibre et pour leurs inestimables encouragements. Merci les filles!

Finalement, je remercie sans surprise mes parents de m'avoir continuellement supportée, encouragée et respectée dans l'atteinte de mes objectifs.

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>1 PORTRAIT DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS .....</b>                                                | <b>3</b>  |
| 1.1 PRÉCIPITATIONS NATURELLEMENT ACIDES .....                                                           | 3         |
| 1.2 DÉPÔTS ACIDES HUMIDES ET SECS .....                                                                 | 4         |
| 1.3 L'HISTOIRE DES PRÉCIPITATIONS ACIDES .....                                                          | 4         |
| 1.4 SOURCES DES DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES ACIDES.....                                                       | 7         |
| 1.5 DISTRIBUTION MONDIALE DES PRÉCIPITATIONS ACIDES.....                                                | 8         |
| 1.6 IMPACTS DES PRÉCIPITATIONS ACIDES .....                                                             | 9         |
| 1.6.1 Impacts sur les écosystèmes aquatiques .....                                                      | 10        |
| 1.6.2 Impacts sur les écosystèmes terrestres .....                                                      | 11        |
| 1.6.3 Impacts sur la santé humaine.....                                                                 | 11        |
| 1.6.4 Autres impacts potentiels .....                                                                   | 11        |
| 1.7 LA SITUATION AU QUÉBEC.....                                                                         | 12        |
| 1.7.1 Distribution et vulnérabilité.....                                                                | 12        |
| 1.7.2 Évolution des dépôts acides au Québec depuis 1977 .....                                           | 14        |
| 1.7.3 Conséquences majeures des précipitations acides au Québec.....                                    | 15        |
| 1.7.4 Mesures d'atténuation entreprises .....                                                           | 17        |
| <b>2 RÉSEAU DE SURVEILLANCE DES PRÉCIPITATIONS ET MÉTHODES<br/>D'ÉCHANTILLONNAGE .....</b>              | <b>18</b> |
| 2.1 RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS PRÉSENTS AU<br>QUÉBEC .....                | 18        |
| 2.1.1 Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP).....                            | 19        |
| 2.1.2 Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) .....                    | 25        |
| 2.2 RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS PRÉSENTS AILLEURS<br>DANS LE MONDE.....    | 27        |
| 2.2.1 United States National Atmospheric Deposition Program/National Trends<br>Network (NADP/NTN) ..... | 28        |

|          |                                                                                                                                |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2    | European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP).....                                                                       | 35        |
| 2.2.3    | Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET).....                                                                   | 39        |
| 2.3      | ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LE PSQP ET LES RÉSEAUX MONDIAUX DE<br>SURVEILLANCE DES PRÉCIPITATIONS.....                           | 45        |
| 2.3.1    | Analyse comparative et recommandations .....                                                                                   | 45        |
| 2.3.2    | Liste des recommandations .....                                                                                                | 51        |
| <b>3</b> | <b>EFFETS PROBABLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA<br/>QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS AU QUÉBEC.....</b>                       | <b>53</b> |
| 3.1      | ÉTUDE SUR LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DES IONS ACIDIFIANTS DANS LES<br>PRÉCIPITATIONS EN FONCTION DE LA MÉTÉOROLOGIE..... | 53        |
| 3.1.1    | Données utilisées .....                                                                                                        | 54        |
| 3.1.2    | Analyse de laboratoire et statistiques .....                                                                                   | 54        |
| 3.1.3    | Résultats et discussion.....                                                                                                   | 56        |
| 3.2      | COMPARAISON DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE AVEC LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES<br>PRÉVUS POUR LE TERRITOIRE QUÉBÉCOIS .....             | 61        |
| 3.2.1    | Effets d'un changement de précipitation sur les concentrations des polluants<br>acidifiants.....                               | 61        |
| 3.2.2    | Effets d'un changement de température sur les concentrations des polluants<br>acidifiants.....                                 | 62        |
| 3.3      | CONSÉQUENCES DE CES VARIATIONS DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS SUR LE<br>PSQP.....                                            | 63        |
|          | <b>CONCLUSION.....</b>                                                                                                         | <b>65</b> |
|          | <b>RÉFÉRENCES .....</b>                                                                                                        | <b>67</b> |
|          | <b>ANNEXE 1 – PRINCIPAUX SITES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS<br/>LE NORD-EST DE L'AMÉRIQUE DU NORD .....</b>                | <b>71</b> |
|          | <b>ANNEXE 2 – BORDEREAU D'ÉCHANTILLONNAGE DES PRÉCIPITATIONS DU<br/>PSQP .....</b>                                             | <b>73</b> |
|          | <b>ANNEXE 3 – POINTS PERTINENTS DU NADP SITE SELECTION AND<br/>INSTALLATION MANUAL .....</b>                                   | <b>75</b> |

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ANNEXE 4 - <i>FIELD OBSERVER REPORT FORM</i> (FORF) DU NADP.....</b>                                               | <b>78</b> |
| <b>ANNEXE 5 – CRITÈRES DE L’OMM SUR L’IMPLANTATION D’UN RÉSEAU<br/>DE SURVEILLANCE DES PRÉCIPITATIONS ACIDES.....</b> | <b>80</b> |

## LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. 1 Processus de formation des précipitations acides .....                                                                                                       | 7  |
| Figure 1. 2 Distribution mondiale des précipitations acides .....                                                                                                        | 9  |
| Figure 1. 3 Sensibilité à l'acidification des eaux de surface du Québec méridional .....                                                                                 | 13 |
| Figure 1. 4 Niveau d'acidité des lacs du Québec méridional.....                                                                                                          | 13 |
| Figure 1. 5 Dépôts totaux (secs et humides) moyens, de 1999 à 2002, d'azote (N) et<br>tendance observée aux stations de mesure entre 1977 et 2005.....                   | 14 |
| Figure 1. 6 Dépôts totaux (secs et humides) moyens, de 1999 à 2002, en sulfate (SO <sub>4</sub> ) et<br>tendance observée aux stations de mesure entre 1977 et 2005..... | 15 |
| Figure 1. 7 Aperçu de l'extension et de l'intensité du déclin de l'Érable à Sucre Québécois<br>( <i>Acer saccharum</i> ).....                                            | 16 |
| Figure 2. 1 Réseau des stations du Programme de surveillance de la qualité des<br>précipitations.....                                                                    | 20 |
| Figure 2. 2 Photographie du collecteur GENEQ .....                                                                                                                       | 23 |
| Figure 2. 3 Schéma du collecteur GENEQ.....                                                                                                                              | 23 |
| Figure 2. 4 Photographie du collecteur DMA .....                                                                                                                         | 25 |
| Figure 2. 5 Schéma du collecteur DMA (tiré de MDDEP, 2010) .....                                                                                                         | 25 |
| Figure 2. 6 Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air .....                                                                                       | 25 |
| Figure 2. 7 Collecteur de précipitations pour l'échantillonnage de dépôts acides humides .                                                                               | 27 |
| Figure 2. 8 a) Pluviomètre de type B et b) Nivomètre <i>Nipher Shielded</i> .....                                                                                        | 27 |
| Figure 2. 9 Sites d'échantillonnage du NADP/NTN (sites de Puerto Rico, Virgin Islands et<br>American Samoa non représentés) .....                                        | 29 |
| Figure 2. 10 Sites d'échantillonnage du NADP/AIRMoN.....                                                                                                                 | 29 |
| Figure 2. 11 Collecteur de précipitation Aerochem Metric, modèle 301, utilisé aux stations<br>de mesures du NADP.....                                                    | 33 |
| Figure 2. 12 Collecteur de précipitation Belfort B5-780 utilisé par le NADP .....                                                                                        | 34 |
| Figure 2. 13 <i>Atmospheric Deposition Sampler</i> . a) Collecteur avec un couvercle scellé, b)<br>Couvercle ouvert qui repose sur un protecteur d'éclaboussure.....     | 34 |
| Figure 2. 14 Schéma détaillé de l' <i>Atmospheric Deposition Sampler</i> .....                                                                                           | 35 |

|                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 2. 15 Distribution, en 2006, des stations mesurant la qualité des précipitations de l'EMEP .....                                                                                                                                      | 35  |
| Figure 2. 16 Collecteur de précipitation, modèle PR1410, utilisé par l'EMEP .....                                                                                                                                                            | 38  |
| Figure 2. 17 Collecteurs de précipitations fabriqués par la compagnie Eigenbrodt GmbH & Co et utilisés par l'EMEP. a) Modèle NSA 181/KS à la station Schleswig-Holstein; b) Modèle NSA 181/KHD à la station SHMI en République tchèque ..... | 39  |
| Figure 2. 18 Pays participant à l'EANET .....                                                                                                                                                                                                | 39  |
| Figure 2. 19 Sites de collecte des dépôts humides de l'EANET .....                                                                                                                                                                           | 40  |
| Figure 2. 20 Exemples de stations de l'EANET: a) Station Phnom Penh, Cambodge, b) Station Haifu, Chine, c) Station Rishiri, Japon et d) Station Ochishi, Japon ....                                                                          | 44  |
| Figure 2. 21 Exemples de stations de l'EANET: a) Station Petaling Jaya, Malaisie et b) Station Shizhan, Chine.....                                                                                                                           | 44  |
| Figure 3. 1 Étendue des indices climatiques dans l'intervalle entre deux récoltes des dépôts atmosphériques .....                                                                                                                            | 57  |
| Figure 3. 2 Valeurs prédites des concentrations de SO <sub>4</sub> selon le modèle de régression en fonction de 1) valeurs observées, 2) WSD, 3) CDD, 4) CDDmm, 5) TMAX et 6) NJSPREC.....                                                   | 59  |
| Figure 3. 3 Valeurs prédites des concentrations de NO <sub>3</sub> selon le modèle de régression en fonction 1) des valeurs observées, 2) CDD, 3) MAX.PREC, 4) TMIN et 5) NJPREC.....                                                        | 60  |
| Figure 3. 4 Changements des températures de surface projetées pour la fin du 21 <sup>e</sup> siècle (2090-2099) relatifs à la période 1980-1999.....                                                                                         | 62  |
| Figure A1.1 Principaux sites de production d'électricité dans le nord-est de l'Amérique du Nord .....                                                                                                                                        | 72  |
| Figure A2.1 Bordereau d'échantillonnage des précipitations du PSQP .....                                                                                                                                                                     | 744 |
| Figure A4.1 <i>Field Observer Report Form</i> (FORF) du NADP .....                                                                                                                                                                           | 79  |
| Tableau 3. 1 Descriptions des indices climatiques dérivés de la base de données météorologiques de la forêt expérimentale de Duchesnay, Québec.....                                                                                          | 55  |

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 3. 2 Analyse de variance des régressions entre les concentrations de SO <sub>4</sub> et de NO <sub>3</sub><br>et les indices climatiques..... | 58 |
| Tableau A3.1 Critères de sélection d'un site pour l'installation d'une station NADP.....                                                              | 76 |
| Tableau A3.2 Critères d'installation des instruments des stations du NADP .....                                                                       | 76 |
| Tableau A3.3 Caractéristiques de sites fortement suggérées mais non obligatoire<br>d'installation des stations du NADP .....                          | 77 |
| Tableau A3.4 Caractéristiques fortement suggérées mais non obligatoires d'installation des<br>instruments aux stations du NADP .....                  | 77 |
| Tableau A5.1 Guide des distances minimales à respecter de l'OMM .....                                                                                 | 81 |
| Tableau A5.2 Caractéristiques de performance minimales des collecteurs de dépôts<br>humides automatiques .....                                        | 81 |
| Tableau A5.3 Recommandations par rapport aux périodes d'échantillonnage.....                                                                          | 81 |

## **LISTE DES ACRONYMES ET DES SIGLES**

|                 |                                                                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACM</b>      | Aerochem Metric                                                                         |
| <b>AIRMoN</b>   | Atmospheric Integrated Research Monitoring Network                                      |
| <b>AMNet</b>    | Atmospheric Mercury Network                                                             |
| <b>CAL</b>      | Central Analytical Laboratory                                                           |
| <b>CEAEQ</b>    | Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec                                |
| <b>CEE</b>      | Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe                                   |
| <b>EANET</b>    | Acid Deposition Monitoring Network in East Asia                                         |
| <b>EMEP</b>     | European Monitoring and Evaluation Programme                                            |
| <b>FORF</b>     | Field Observer Report Form                                                              |
| <b>GIEC</b>     | Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat                          |
| <b>MDDEP</b>    | Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs                     |
| <b>MDN</b>      | Mercury Deposition Network                                                              |
| <b>MRN</b>      | Ministère des Ressources naturelles                                                     |
| <b>MRNF</b>     | Ministère des Ressources naturelles et de la Faune                                      |
| <b>NADP</b>     | National Atmospheric Deposition Program                                                 |
| <b>NAPAP</b>    | National Acid Precipitation Assessment Program                                          |
| <b>NLEV</b>     | National Low Emission Vehicle                                                           |
| <b>NTN</b>      | National Trends Network                                                                 |
| <b>OMM</b>      | Organisation météorologique mondiale                                                    |
| <b>PSC</b>      | Programme de surveillance du climat                                                     |
| <b>PSQA</b>     | Programme de surveillance de la qualité de l'air                                        |
| <b>PSQP</b>     | Programme de surveillance de la qualité des précipitations                              |
| <b>RCEP</b>     | Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations                                    |
| <b>RCEPA</b>    | Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air                        |
| <b>REMPAFAQ</b> | Réseau de mesure des polluants atmosphériques en milieu agricole et forestier au Québec |
| <b>RESSALQ</b>  | Réseau de surveillance de l'acidité des lacs du Québec                                  |
| <b>REPQ</b>     | Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec                                   |
| <b>RSAP</b>     | Réseau de surveillance de l'air et des précipitations                                   |
| <b>SAES</b>     | North Central Region of the State Agricultural Experiment Stations                      |

## INTRODUCTION

Bien qu'indubitablement négligée par le monde médiatique depuis quelques années, la présence de précipitations acides en territoire québécois reste encore aujourd'hui une problématique d'actualité. En effet, loin d'être un phénomène nouveau, les précipitations acides, ou plus connues sous le nom de « pluies acides », sont présentes et fréquentes dans plusieurs parties du monde. En fait, en raison de leur processus de formation, elles se manifestent partout où il y a présence dans l'atmosphère de l'une ou l'autre des molécules de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et de monoxyde d'azote (NO). Ces deux composés chimiques se trouvent naturellement dans l'environnement et sont produits, entre autres, lors d'éruptions volcaniques, d'orages électriques ou dans les procédés de combustion (Olivier, 2009). Ce cycle de production de SO<sub>2</sub> et de NO est en équilibre avec son environnement et ne cause normalement aucun préjudice aux milieux terrestres. Cependant, comme cela est malheureusement le cas dans plusieurs domaines, les activités humaines viennent chambouler cet équilibre. Le domaine du transport et de la production d'énergie sont les principales sources modernes de ces deux composés (*ibid.*). En fait, entre un tiers et la moitié du monoxyde d'azote produit dans l'atmosphère provient de la combustion à l'intérieur du moteur des véhicules (Net Industries, 2011). Quant à lui, le dioxyde de soufre provient principalement de la production d'énergie par le charbon, mais peut aussi être un sous-produit de l'industrie de métaux non-ferreux.

Depuis la prise de conscience envers ce phénomène au début des années 1970, les autorités québécoises ont entrepris de nombreuses actions afin d'en diminuer les impacts sur l'environnement. Parmi ces mesures, le gouvernement du Québec a fait l'implantation en 1981 d'un programme de suivi de l'acidité des précipitations au Québec (MDDEP, 2010). Aujourd'hui connu sous le nom de Programme de surveillance de la qualité des précipitations ou PSQP, ce réseau de stations de mesure a pour principal objectif :

*«la production de données hebdomadaires sur la qualité des précipitations solides (neige, grêle, etc.) et liquides (pluie) afin de soutenir le Québec, le*

*Canada et l'Amérique du Nord dans leurs efforts communs de réduction des dépôts de matières acidifiantes et toxiques» (ibid.).*

Dans le but d'assurer l'efficacité du PSQP, le document qui suit examinera les méthodes d'échantillonnage utilisées par le réseau et les comparera à d'autres utilisées dans le monde. Ceci permettra d'évaluer les avantages et inconvénients de chacun et de recommander des modifications au PSQP, s'il y a lieu.

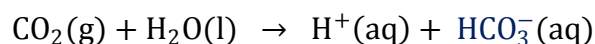
Tout d'abord, un portrait des précipitations acides sera présenté afin de situer le Québec à l'intérieur de cette problématique. Les différents réseaux de mesures de la qualité des précipitations dans le monde seront ensuite exposés. Ils seront alors comparés avec celui du Québec et des recommandations pourront être formulées. Finalement, une attention particulière sera portée aux conséquences potentielles des changements climatiques sur la qualité des précipitations au Québec. Cette dernière caractérisation permettra d'anticiper, jusqu'à un certain point, les variations futures des précipitations québécoises et ainsi, d'assurer un perfectionnement continu du PSQP.

# 1 PORTRAIT DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS

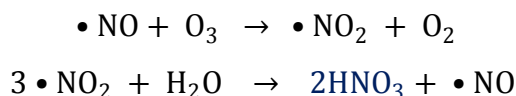
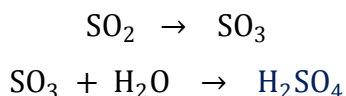
Ce premier chapitre exposera certains détails importants quant au phénomène des précipitations acides autant au Québec qu'ailleurs dans le monde. Ces informations aideront à mieux comprendre les raisons pourquoi il est indispensable de surveiller et de prendre action pour enrayer ce problème de source anthropique.

## 1.1 Précipitations naturellement acides

Malgré leur appellation commune, les «précipitations acides» ou «pluies acides» ne se composent pas seulement des précipitations liquides, mais comprennent aussi la neige, le verglas et les brouillards acides (Olivier, 2009). Conventionnellement dans le monde scientifique, les précipitations acides sont caractérisées par un  $\text{pH} < 5$  afin de différencier les sources naturelles des sources anthropiques. En effet, la totalité des précipitations liquides et solides présente un pH naturellement légèrement acide de 5,6. Ce phénomène s'explique par la présence de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dans l'atmosphère réagissant avec l'eau pour former de l'acide carbonique, selon la formule suivante : (Olivier, 2009)



Cependant, le  $\text{CO}_2$  n'est pas le seul composé chimique à influencer le pH des précipitations. Deux autres molécules ont un effet acidifiant lorsqu'elles sont présentes dans l'atmosphère : le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ). Ces dernières réagissent avec leur environnement selon les formules suivantes : (Olivier, 2009)



À l'échelle de la planète, la majorité du SO<sub>2</sub> présent naturellement dans l'atmosphère provient de l'activité volcanique et de l'oxydation du soufre lors de la décomposition des plantes (Olivier, 2009). Étant répartis sur l'ensemble des continents, mais aussi en raison du temps de diffusion, ces phénomènes naturels offrent un taux peu variable du SO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (Olivier, 2009). C'est aussi le cas des NO<sub>x</sub> naturels qui sont, quant à eux, principalement les produits de la foudre, de l'activité microbienne du sol et de la combustion lors d'incendies de forêt (Environnement Canada, 2010a).

Il est évident que la présence d'agents acidifiants dans l'atmosphère terrestre n'est pas un phénomène nouveau. Toutefois, l'activité humaine moderne vient grandement modifier l'équilibre en cette matière et il n'est pas nécessaire d'aller en chercher bien loin la preuve. Un rapide coup d'œil à l'évolution du pH des précipitations au cours du dernier siècle suffirait à convaincre les plus septiques.

## **1.2 Dépôts acides humides et secs**

Les termes «précipitations acides» et «pluies acides» ne sont pas tout à fait justes lorsqu'il est question de mesurer la quantité réelle de polluants tombés au sol. En fait, le SO<sub>2</sub> et les NO<sub>x</sub> introduits dans l'atmosphère ne retombent pas nécessairement au sol sous forme «humide» (pluie, neige, brouillon et verglas). Dépendamment des conditions atmosphériques dans lesquelles ils se trouvent, ces polluants en suspension dans l'air peuvent retomber sous forme humide (dépôt humide) ou sèche (dépôt sec). Les dépôts secs représentent les polluants qui tombent au sol sans avoir été dissous par l'eau de pluie. Ils peuvent se présenter sous forme de gaz et de particules (Environnement Canada, 2010b). Afin de faciliter la lecture, les termes «précipitations acides» et «pluies acides» utilisés dans ce document feront référence à l'ensemble des dépôts acides humides et secs.

## **1.3 L'histoire des précipitations acides**

La première fois que l'appellation «pluies acides» fût utilisée par le monde scientifique remonte au XIX<sup>e</sup> siècle. Dans son document intitulé *Air and Rain: The Beginnings of a Chemical Climatology* qu'il publia en 1872, le chimiste écossais Robert Angus Smith

détailla de nombreux aspects directement reliés à la problématique des précipitations acides reconnue aujourd'hui (Nixon and Curran, 1998). Sans toutefois le nommer, le phénomène a tout de même déjà été observé dès le milieu du XVII<sup>e</sup> siècle par John Evelyn, un écrivain anglais et par John Graunt, un démographe anglais (*ibid.*). Ces deux personnalités connues à l'époque remarquèrent les conséquences de la pollution atmosphérique urbaine bien rapidement et Evelyn l'illustra par la composition d'une pièce de théâtre sur le sujet intitulé *Fumifugium* (Jenner, 1995).

Malgré ces observations indiscutables et historiques, ce n'est que dans les années 1950 et 1960 que les impacts de ce phénomène ont commencé à inquiéter la population scientifique lorsqu'un dépeuplement des ressources halieutiques a été observé en Scandinavie (Nixon and Curran, 1998). Toutefois, les précipitations acides ne furent regardées comme un sérieux problème environnemental qu'au cours des années 1970 (EPA, 2011a). C'est aussi durant cette décennie que des preuves scientifiques ont permis de confirmer l'acidification de plusieurs systèmes aquatiques en Europe et en Amérique du Nord ainsi que le transport transfrontalier des polluants par les systèmes météorologiques (Environnement Canada, 2010c). Cette conscientisation, jumelée à une fulgurante augmentation de mouvements environnementalistes, a mené à une importante action gouvernementale dans le but de mettre un frein à ce sérieux problème qui mettait en péril des ressources naturelles si précieuses pour l'économie des pays touchés.

Vers la fin des années 1970, les gouvernements américain et canadien ont décidé d'agir de concert afin de résoudre cette problématique. Ils ont alors créé, en 1978, le Groupe consultatif de recherche canado-américain qui était alors chargé d'étudier le phénomène du transport des polluants outre-frontières et sur de longues distances (Environnement Canada, 2010c). Ce groupe avait aussi la tâche de coordonner la recherche dans le domaine des précipitations acides en plus d'être un lien direct de renseignements scientifiques entre les deux pays (*ibid.*). Travaillant toujours en collaboration étroite, le Canada et les États-Unis signent ensuite, le 5 août 1980, une déclaration d'intention sur la pollution atmosphérique transfrontalière en attendant l'élaboration d'un accord bilatéral qui offrirait une solution satisfaisante à la problématique de la pollution atmosphérique et des précipitations acides.

Suite à cette déclaration, les deux pays entreprirent plusieurs actions afin d'attaquer le problème. (Nixon and Curran, 1998)

Au Canada, des négociations entre les autorités provinciales et fédérales étaient déjà en cours dès les années 1970. Ces dernières ont mené à la signature, par le gouvernement canadien et les sept provinces de l'Est, d'une déclaration établissant le Programme de lutte contre les pluies acides dans l'est du Canada (Environnement Canada, 2010c). Le but de cette déclaration, signée en 1985, était de limiter l'accumulation des agents acidifiants dans l'environnement en imposant des normes d'émissions à la source (voir section 1.4). Dans le même ordre d'idée, une autre entente fût signée un peu plus tard, soit en 1998, par 26 ministères de l'Énergie et de l'Environnement des gouvernements fédéraux, provinciaux et territoriaux (*ibid.*). Ce document, intitulé *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000*, représente un cadre permettant de s'attaquer à la problématique des pluies acides touchant le pays. Elle vise la protection des forêts et des lacs canadiens en plus d'assurer la santé de la population humaine par la réduction des émissions de particules et des polluants précurseurs à cette problématique (*ibid.*). Agissant aussi à l'échelle internationale, le Canada adhéra, avec 20 autres pays, au Protocole d'Helsinki en 1985 ainsi qu'au Protocole d'Oslo en 1994 (Nixon, 2002). Il a de plus tenu des discussions actives sur le sujet avec les pays membres de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE) (Environnement Canada, 2010c).

De leur côté, les États-Unis adoptèrent les *Clean Air Act Amendments* en 1990 visant la réduction massive de l'émission d'agents acidifiants dans l'atmosphère (Nixon and Curran, 1998). Ce programme ciblait essentiellement les services publics de production d'énergie (Nixon, 2002). Afin de réduire l'émission d'agents acidifiants dans le domaine des transports, le pays a aussi procédé à l'application du Programme *National Low Emission Vehicle* (NLEV) au cours des années 1999 et 2000 (Nixon, 2002).

Entre temps, le Canada et les États-Unis signèrent, en 1991, l'*Accord Canada – États-Unis sur la qualité de l'air* afin de travailler sur la pollution transfrontalière. Cette entente

engageait les deux parties à respecter des calendriers précis de réduction des émissions acidogènes. (Nixon and Curran, 1998)

Plus récemment, le Canada présenta en 2004 sa nouvelle *Évaluation scientifique sur les pluies acides*. Cette dernière offre de nouveaux arguments convaincants à l'atteinte d'une solution plus durable au problème des pluies acides. Elle spécifie des réductions supplémentaires des émissions acidifiantes afin de protéger adéquatement les milieux plus sensibles, une réaction immédiate aux dommages causés aux forêts (voir section 1.6) ainsi qu'un élargissement du domaine d'intervention visant la mitigation de ce problème potentiel pour les régions de l'Ouest et du Nord canadien. (Environnement Canada, 2010d).

L'ensemble de ces mesures mondiales de réduction des polluants acidifiants a finalement porté ses fruits. En effet, une diminution des dépôts acides a pu être observée à plusieurs endroits, y compris au Canada (Environnement Canada, 2005). Or, comme il en sera discuté un peu plus loin, les précipitations acides restent, encore aujourd'hui, un problème bien présent.

#### 1.4 Sources des dépôts atmosphériques acides

Comme il a été expliqué plus haut, les oxydes d'azote sont les sous-produits d'un processus

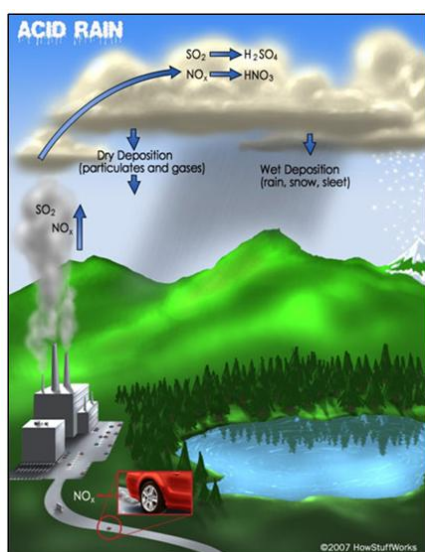


Figure 1. 1 Processus de formation des précipitations acides (tiré de Geddes, 2011)

de combustion comme les incendies forestiers. L'avènement de la révolution industrielle au XVIII<sup>e</sup> siècle a non seulement provoqué la transformation d'une société agraire et artisanale en une société basée sur le commerce et l'industrie, mais a aussi amené l'utilisation massive de sources énergétiques dont, entre autres, le charbon. Encore aujourd'hui un des combustibles les plus utilisés dans le monde, il représente la principale source anthropique de  $\text{SO}_2$  dans l'atmosphère terrestre (World Coal Institute, 2006; Olivier, 2009). En effet, découlant de la dégradation

de la matière organique des végétaux, le charbon renferme généralement une certaine quantité de soufre (EPA, 2011b). Ce dernier est relâché dans l'atmosphère lors de la combustion de son hôte dans les centrales thermiques et réagit avec l'oxygène pour créer du  $\text{SO}_2$ . Dans le jargon technique, du charbon présentant 5 % de soufre est dit de piètre qualité (Olivier, 2009). Le charbon n'est toutefois pas la seule source de l'acidité atmosphérique. Les fonderies de métaux non ferreux, le raffinage ainsi que la combustion des produits pétroliers (dans les moteurs à combustion des véhicules) et le traitement des impuretés dans les autres usines de traitement de métaux sont, eux aussi, générateurs de  $\text{SO}_2$  et de  $\text{NO}_x$  (Environnement Canada, 2010e; Olivier, 2009). La figure 1.1 illustre bien la dynamique de formation des précipitations acides.

### **1.5 Distribution mondiale des précipitations acides**

Les sources anthropiques de tels polluants sont évidemment localisées et surtout concentrées dans les régions avoisinant d'importantes densités de population. Or, il n'en découle pas nécessairement une simple contamination locale restreinte à ces grands puits d'habitants (Olivier, 2009). À l'instar de tout événement météorologique, les précipitations dites acides auront tendance à voyager sur des distances parfois considérables. Ces événements suivent ainsi inévitablement les conditions climatiques et les vents dominants d'un territoire. C'est pourquoi il est possible de découvrir la présence de précipitations acides dans des régions bien éloignées des centres urbains et industriels, comme dans la région de la forêt boréale (Environnement Canada, 2010e). La figure 1.2 présente les territoires les plus touchés par ce phénomène. Un rapide coup d'œil à cette carte permet d'identifier l'Amérique du Nord comme un des endroits les plus affectés par les précipitations acides. Cette situation est le résultat de la combinaison de deux facteurs régissant la production de pluies acides : la présence d'une source considérable anthropique de polluants atmosphériques et la dynamique des vents dominants. Comme l'illustre la figure à l'annexe 1, le nord-est des États-Unis est caractérisé par une prépondérance de centrales thermiques au charbon pour la production d'énergie. Or, ces usines se trouvent directement dans la trajectoire d'un vent dominant du sud-ouest se dirigeant vers la vallée du Saint-Laurent.

Au Canada, le phénomène des précipitations acides est principalement observable dans les provinces de l'Ontario et du Québec.

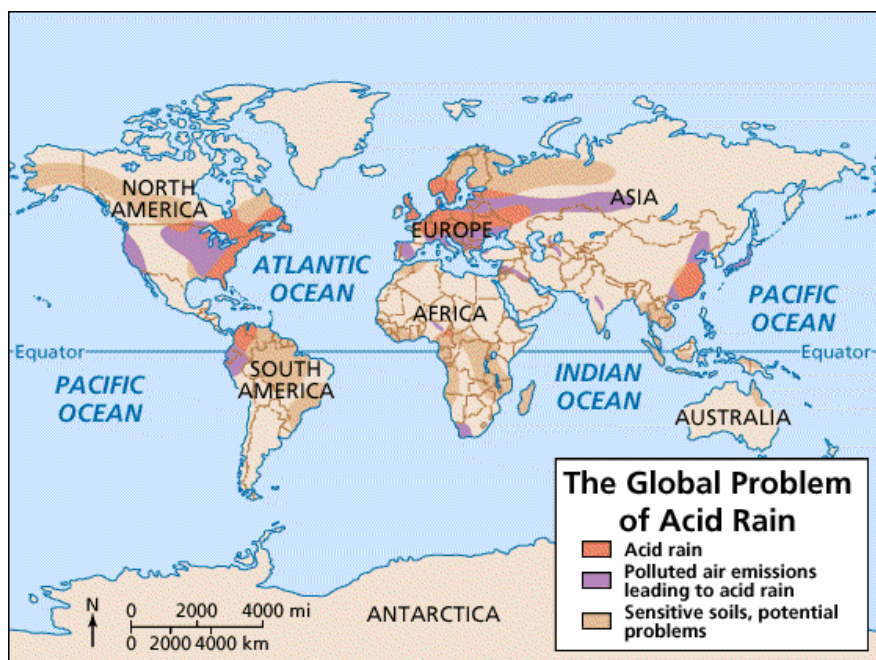


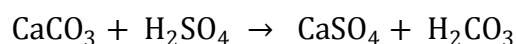
Figure 1. 2 Distribution mondiale des précipitations acides (tiré de Holt, Rinehart and Winston, s.d.)

## 1.6 Impacts des précipitations acides

Les dépôts acides peuvent avoir de nombreuses conséquences néfastes pour l'environnement et peuvent même porter atteinte à la santé des êtres humains. Par exemple, les écosystèmes terrestres ont un équilibre particulier à chacun. Le moindre changement peu représenter une perturbation significative pour ceux-ci. Ainsi, l'équilibre du pH dans l'environnement est essentiel à son bon fonctionnement. Or, les précipitations acides découlant des activités anthropiques viennent inévitablement modifier cette harmonie. (Ferguson and Jeffries, 2011)

Les conséquences des précipitations acides sur un territoire donné vont dépendre, entre autres, de la nature de son sol et de son sous-sol. En effet, certains types de sol sont capables de neutraliser naturellement l'acide en surplus dans l'écosystème puisqu'ils présentent des éléments neutralisateurs. Cette particularité s'appelle «l'effet tampon» d'un sol. Par exemple, en milieu calcaire ou crayeux, le carbonate de calcium se dissout dans

l'eau de pluie et neutralise l'acidité de cette dernière selon la formule suivante : (Olivier, 2009)



Cependant, lorsque le sol ne possède pas cet «effet tampon», la neutralisation ne peut s'effectuer et l'acidité des précipitations s'accumule à la surface. Un déséquilibre du pH du sol en découle. Les sols à base granitique, comme est caractérisée la région du Bouclier canadien, sont un bon exemple de ce genre de sol vulnérable (Ferguson and Jeffries, 2011).

#### **1.6.1 Impacts sur les écosystèmes aquatiques**

L'accumulation de précipitations acides dans une région à faible capacité tampon aura inévitablement un effet néfaste sur les écosystèmes aquatiques de cette dernière. Puisque non neutralisée au niveau du sol, l'acidité sera entraînée dans le système hydrologique par ruissellement et par contact direct avec l'eau de pluie. Comme il a été dit précédemment, un changement de pH dans un écosystème peut venir le perturber considérablement. De la même manière, certains organismes aquatiques seront très sensibles à ce genre d'acidification de leur milieu de vie. Plus le pH des lacs, rivières et des eaux souterraines diminue, plus les espèces les moins tolérantes au changement disparaissent. Elles sont ensuite suivies par les plus robustes. Des études scientifiques ont effectivement montré la diminution marquée de la population et de la biodiversité dans les lacs dont le pH est inférieur à 6,0. Un pH sous ce seuil provoque aussi une diminution du taux de décomposition des matières organiques dans l'eau, ce qui peut mener à une baisse de productivité végétale. De plus, la disparition d'espèces dans un écosystème réduit sa diversité et peut ainsi bouleverser son équilibre. Une espèce résistante à l'augmentation du pH de son habitat n'a, de ce fait, pas nécessairement la certitude d'y survivre si ses proies naturelles disparaissent. (Nixon and Curran, 1998)

### **1.6.2 Impacts sur les écosystèmes terrestres**

Quoique qu'il est difficile de connaître entièrement les conséquences des pluies acides sur les écosystèmes terrestres vu leur complexité, plusieurs dégradations ont déjà été observées. Ainsi, les dépôts acides peuvent nuire à la population végétale d'une région en endommageant le feuillage et en accélérant l'érosion de la couche cireuse des feuilles, ce qui entraîne la perte d'eau et la diminution de leur protection contre les organismes pathogènes. Elles peuvent aussi nuire à la germination des graines et à la croissance des jeunes plants en plus de diminuer la respiration des organismes vivants au sol. Elles pourraient être la cause d'une augmentation de la lixiviation des éléments nutritifs du sol et, de ce fait, nuire aux processus biologiques qui s'y produisent. (Nixon and Curran, 1998)

### **1.6.3 Impacts sur la santé humaine**

Les autorités médicales s'entendent aujourd'hui pour dire que la pollution de l'air par le soufre et les oxydes d'azotes peut nuire à la santé humaine. En effet, de très petites particules d'acides représentent un irritant non négligeable lorsqu'elles sont inhalées. En raison de leur petite taille, elles peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire et provoquer des cas de bronchites chroniques ou même de l'emphysème en plus de rendre la respiration difficile. Cette situation peut éventuellement mener à des problèmes cardiaques chez certaines personnes. Une étude effectuée en 1983 a démontré qu'il existait un lien entre le nombre accru de personnes hospitalisées pour des maladies respiratoires dans le sud-ouest de l'Ontario et l'augmentation des concentrations de sulfates dans l'atmosphère ambiante. (Nixon and Curran, 1998)

### **1.6.4 Autres impacts potentiels**

Les précipitations acides peuvent aussi être un précurseur de l'érosion accélérée des matériaux. De ce fait, les infrastructures construites par l'homme et soumises aux intempéries (bâtiments, routes, sculptures, etc.) sont particulièrement vulnérables aux dépôts acides. En effet, ces derniers peuvent provoquer un dépérissement au niveau fonctionnel, mais aussi esthétique des infrastructures par corrosion. Plus les pluies sont acides, plus il y a risque de détérioration. (Nixon and Curran, 1998)

## **1.7 La situation au Québec**

Cette sous-section explique la situation québécoise en regard des précipitations acides. La distribution de ce phénomène sur le territoire sera d'abord exposée. La prédisposition de ce dernier aux effets néfastes du problème sera ensuite discutée. La sous-section présentera aussi un court historique des précipitations acides sur le territoire autant au niveau des concentrations de polluants que des politiques de contrôle. Les conséquences de ce phénomène, particulières au Québec, seront aussi abordées.

### **1.7.1 Distribution et vulnérabilité**

Il a été exposé précédemment que l'Est du Canada était particulièrement touché par le problème des précipitations acides. Sans y faire exception, le Québec est grandement vulnérable face à ce problème. En effet, comme il est facile de le constater à la figure présentée à l'annexe 1, le territoire québécois est directement sur la trajectoire du corridor de vents dominants transportant inévitablement les polluants produits sur le côté américain par les centrales thermiques vers la vallée du Saint-Laurent. Les précipitations acides fortes couvrent ainsi la vallée du Saint-Laurent, de l'Outaouais et de l'Abitibi (Olivier, 2009). Elles représentent ainsi l'accumulation des polluants provenant d'outre frontière avec les États-Unis (75% des dépôts) quoique leur présence en Abitibi soit due principalement aux fonderies de métaux non-ferreux à Rouyn-Noranda et à Sudbury (*ibid.*).

Les dépôts acides au Québec ont des conséquences très dommageables. En fait, la majorité du sol québécois possède une faible capacité de neutralisation de l'acidité. Selon certaines cartes produites sur la sensibilité de la roche en place, près de 90 % du Québec serait sensible à l'acidification (Dupont, 2004). Les régions au sud du Saint-Laurent, du Lac-Saint-Jean, de Mistassini, du nord de Gatineau et des basses terres de l'Abitibi sont cependant moins vulnérables en raison de la présence de carbonates dans leurs sols (*ibid.*). Or, une faible capacité tampon du sol engendre une accumulation de composés acides pouvant être lessivés vers les cours d'eau. La figure 1.3 présente les zones les plus sensibles à l'acidification des précipitations au Québec méridional.

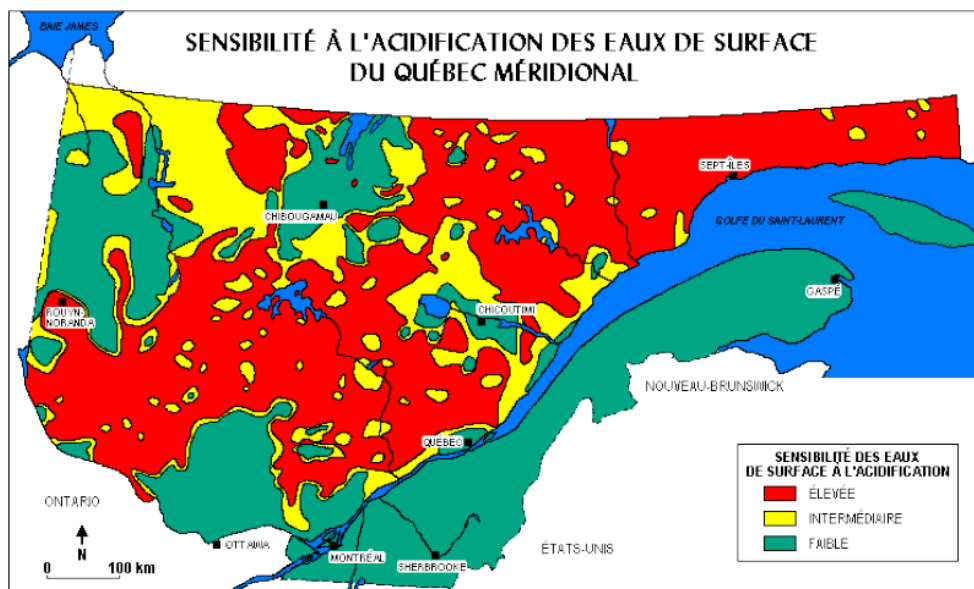


Figure 1. 3 Sensibilité à l'acidification des eaux de surface du Québec méridional (tiré d'Environnement Québec, 2003)

Malheureusement, cette situation est aujourd'hui une réalité pour le Québec tandis que 19 % des lacs québécois sont considérés comme étant acides ( $\text{pH} \leq 5,5$ ) et 32 % comme étant en transition ( $\text{pH}$  compris entre 5,5 et 6,0) (Dupont, 2004). La figure 1.4 cartographie la distribution des lacs acides et en transition.

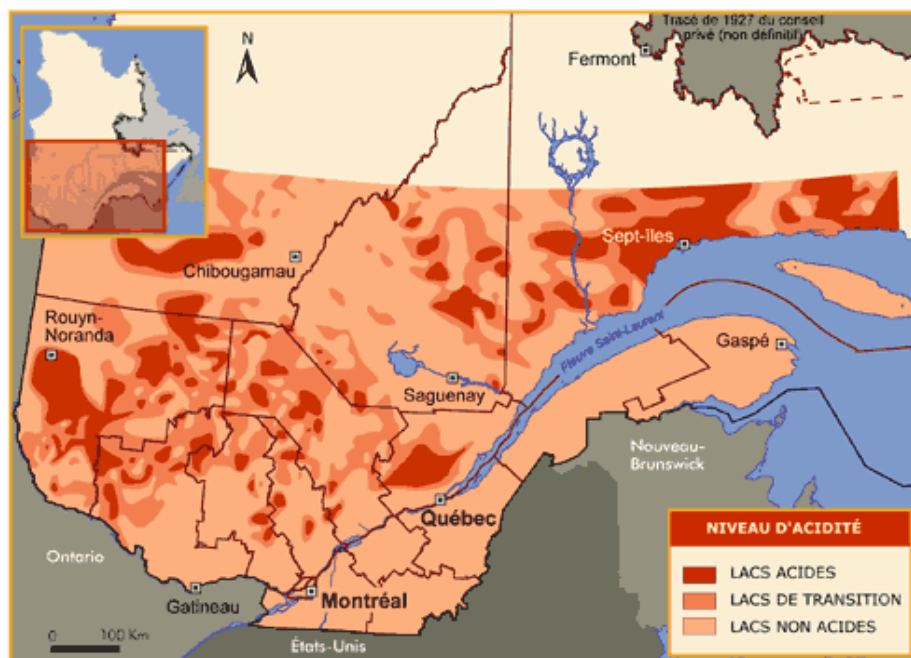


Figure 1. 4 Niveau d'acidité des lacs du Québec méridional (tiré de Dupont, 2004)

### 1.7.2 Évolution des dépôts acides au Québec depuis 1977

Depuis la conscientisation des autorités gouvernementales au problème des précipitations acides, plusieurs actions ont été entreprises afin de réduire les émissions d'agents acidifiants dans l'atmosphère (voir section 1.3). L'observation de l'évolution des pluies acides au cours des dernières décennies permet de confirmer un certain succès de ces mesures. En effet, depuis la fin des années 1990, une diminution de 60 % des émissions de  $\text{SO}_2$  (par rapport aux émissions de 1980) a été atteinte au Québec et en Ontario. Les États-Unis visaient, quant à eux, une réduction de 50 % en 2010 (Ouimet et Duchesne, 2009). Malgré ces nouvelles encourageantes, le pH des précipitations au Québec reste encore beaucoup trop bas par endroits. Les figures 1.5 et 1.6 offrent un portrait de la situation récente des dépôts acides dans les écosystèmes forestiers en plus de dégager la tendance dans différentes régions du Québec.

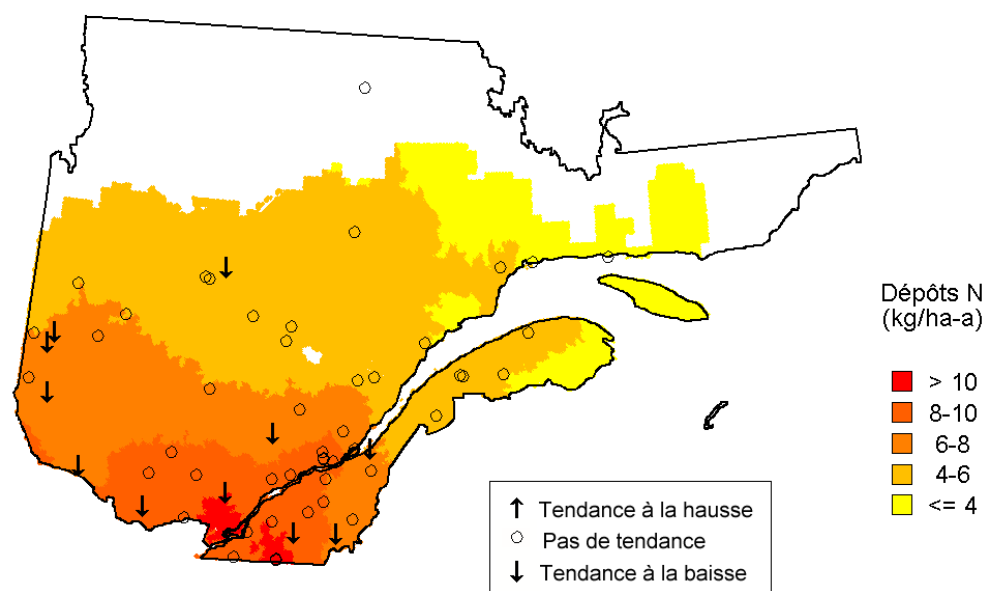


Figure 1. 5 Dépôts totaux (secs et humides) moyens, de 1999 à 2002, d'azote (N) et tendance observée aux stations de mesure entre 1977 et 2005 (tiré de Ouimet et Duchesne, 2009)

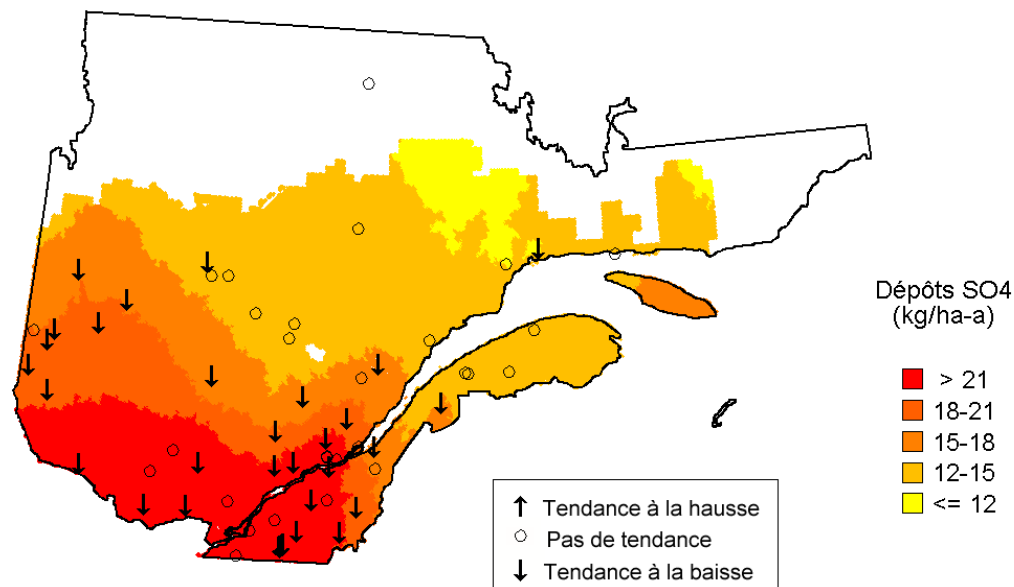


Figure 1. 6 Dépôts totaux (secs et humides) moyens, de 1999 à 2002, en sulfate (SO<sub>4</sub>) et tendance observée aux stations de mesure entre 1977 et 2005 (tiré de Ouimet et Duchesne, 2009)

### 1.7.3 Conséquences majeures des précipitations acides au Québec

La section 1.6 liste un nombre significatif d'effets néfastes que peuvent avoir les dépôts acides sur l'environnement physique et humain. La distribution mondiale de ces effets dépend cependant de plusieurs facteurs comme la géologie ou l'urbanisation d'un territoire. Au Québec, certains impacts sont plus visibles que d'autres, dépendamment des régions. L'acidification des lacs québécois a des conséquences désastreuses sur les écosystèmes lacustres. Elle provoque l'appauvrissement de l'écosystème en éliminant les espèces les plus tolérantes à l'acidité et la baisse de la biodiversité, ce qui peut découler en l'effondrement de la chaîne alimentaire. La diminution du pH de l'eau peut aussi mener à la plus grande transparence de l'eau. Indirectement, l'acidification des sols du bassin versant peut provoquer la mise en solution de métaux traces nocifs autant pour les organismes aquatiques que terrestres : aluminium, cadmium, mercure, cuivre, etc. Évidemment, la perte de biodiversité des lacs aura aussi un impact considérable sur les activités de loisir comme la pêche sportive puisqu'il y aura moins de poissons présents. Cette situation pourrait affecter durement l'économie touristique de la province. (Dupont, 2004)

D'un autre côté, les précipitations acides n'affecteront pas seulement le système aquatique d'un territoire. Au Québec, il existe une autre conséquence importante de la présence de ces dernières : le dépérissement de l'érablière (Olivier, 2009). Cet état se traduit par le dégarnissement de la tête des érables matures et par la diminution de la capacité de l'arbre à absorber ses nutriments. Celui-ci est, de ce fait, plus vulnérable au stress provoqué par d'autres agresseurs directs comme l'ozone et les oxydants réactifs (*ibid.*). L'arbre dépérit par la suite puisqu'il n'est plus capable de résister aux insectes, aux maladies et aux écarts de températures. En fait, l'acidification progressive du sol libère des métaux toxiques pour cette essence et réduit la disponibilité des éléments minéraux nécessaires aux arbres. La figure 1.7 expose l'extension et l'intensité du déclin de l'érable à sucre québécois (Hendershot and Jones, 1989).

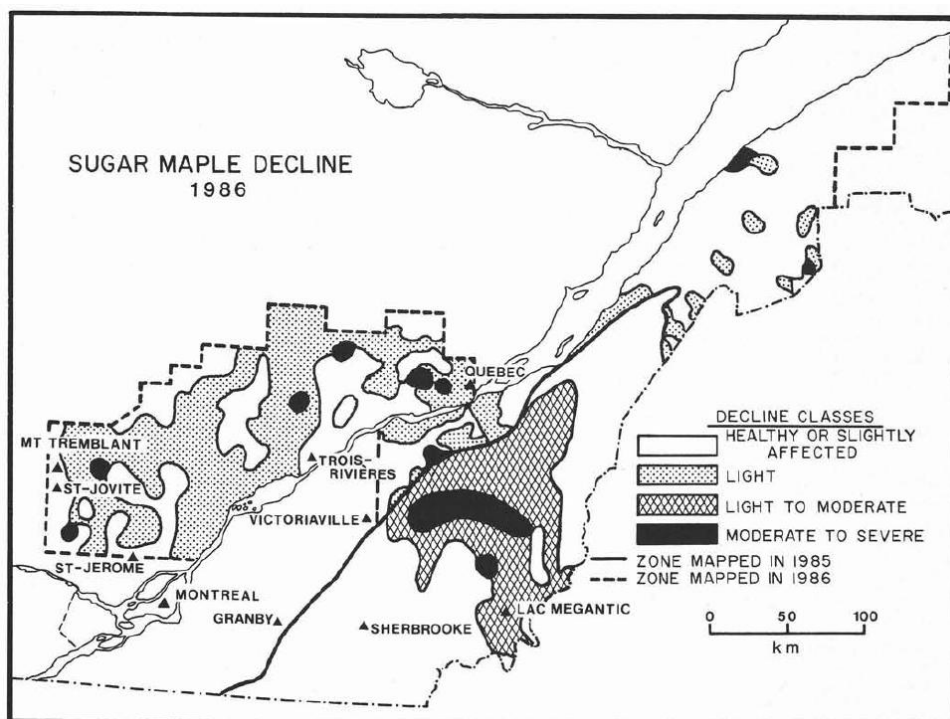


Figure 1. 7 Aperçu de l'extension et de l'intensité du déclin de l'Érable à Sucre Québécois (*Acer saccharum*) (tiré de Hendershot and Jones, 1989)

Malheureusement, l'habitat de l'érable à sucre québécois (sud-ouest de la province) coïncide avec la zone des retombées industrielles acides au Québec. Évidemment, le dépérissement des érablières pourrait être grandement néfaste pour l'économie acéricole québécoise.

#### **1.7.4 Mesures d'atténuation entreprises**

L'intérêt envers les précipitations acides au Québec remonte à la fin des années 1970. À ce moment, les gouvernements, la communauté scientifique, certains groupes d'intérêts ainsi que la population en général ont commencé à s'inquiéter des conséquences d'une telle problématique (Environnement Québec, 2003). Suite à de nombreuses études prouvant les effets néfastes des dépôts acides sur son territoire, le gouvernement québécois a entrepris le suivi intensif de la qualité de l'eau. Entre 1986 et 1990, il a ainsi procédé à un inventaire de la qualité de l'eau des lacs du Québec et de la population piscicole au moyen du Réseau de surveillance de l'acidité des lacs du Québec (RESSALQ) (*ibid.*). Parallèlement, afin de mesurer l'importance du rôle des pluies acides dans cette acidification, le gouvernement québécois créa, en juin 1981, le Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ) et le Réseau de mesure des polluants atmosphériques en milieux forestier et agricole du Québec (REMPAFAQ) en 1988 (MDDEP, 2010). Ces deux réseaux sont aujourd'hui regroupés sous le nom de Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP) (*ibid.*).

## **2 RÉSEAU DE SURVEILLANCE DES PRÉCIPITATIONS ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE**

Le chapitre 1 confirme une problématique encore d'actualité pour une grande partie du territoire québécois. La présence de précipitations acides sur celui-ci engendre d'importants risques autant au niveau de l'équilibre écosystémique que du bon fonctionnement des activités anthropiques. Une élimination ou, du moins, une diminution du problème est ainsi grandement souhaitable. Dans cet ordre d'idées, les autorités gouvernementales ont heureusement entrepris plusieurs actions visant le contrôle des émissions acidifiantes, comme il a été discuté au chapitre précédent. La détermination de l'efficacité de telles mesures sur la qualité des précipitations doit inévitablement être supportée par des données fiables et représentatives. Le Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP) québécois trouve ici une importance indiscutable. En plus d'être en mesure d'évaluer l'efficacité des actions politiques en la matière, ce genre de réseau permet de donner un portrait de la qualité des précipitations au Québec, et ce, en tout temps. Aussi, l'amélioration continue de ce genre de réseau s'avère indispensable afin d'assurer la qualité des données qui y sont mesurées. Une façon intéressante et avantageuse de procéder à cette amélioration continue est de s'inspirer d'initiatives et des connaissances mondiales en la matière. Ce chapitre tentera de faire le point sur les différentes méthodes d'échantillonnage utilisées dans le domaine, mais aussi sur la gestion et le fonctionnement de réseaux semblables au PSQP à travers le monde. Afin de permettre une meilleure analyse comparative par la suite, le réseau québécois ainsi que le réseau canadien du suivi de la qualité des précipitations seront d'abord détaillés.

### **2.1 Réseaux de surveillance de la qualité des précipitations présents au Québec**

Le territoire québécois possède deux réseaux distincts de suivi de la qualité des précipitations, soit le Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP), géré par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), et le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air

(RCEPA), géré par Environnement Canada. La section qui suit décrit ces deux systèmes de mesure en détail, de leur création à leur méthode d'échantillonnage.

### **2.1.1 Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP)**

Suivant la tendance mondiale en la matière, l'intérêt des Québécois envers la problématique des dépôts acides au Québec apparaît graduellement au cours des années 1970. À ce moment, plusieurs problèmes environnementaux mettent la puce à l'oreille des scientifiques ainsi que de la population. Entre autres, de nombreux lacs québécois présentent un taux d'acidité anormalement élevé causant préjudice aux organismes aquatiques. Il est aussi possible d'observer une détérioration significative de la population d'érable à sucre, emblème du pays, sur le territoire. L'apparition de ces problèmes sans précédent, ajoutée aux découvertes mondiales sur le sujet, pousse le gouvernement québécois à prendre rapidement action afin de freiner la dégradation de ses ressources naturelles. Soutenue par une analyse sommaire des données recueillies grâce au Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air ainsi que par une opération d'échantillonnage de neige effectuée en 1978, les autorités québécoises en sont venues à la conclusion qu'il était maintenant plus que souhaitable d'implanter un réseau québécois de surveillance de l'acidité des précipitations (MDDEP, 2010). C'est ainsi que les quelques 38 premières stations du nouveau Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ) ont été installées au cours de l'été 1981 (*ibid.*). Depuis, le système de surveillance des précipitations a continuellement été en processus d'expansion et d'amélioration. Parallèlement au REPQ et afin de répondre aux besoins du ministère des Ressources naturelles de l'époque (le MRN), le gouvernement québécois a aussi procédé, entre 1988 et 1992, à l'implantation d'un autre réseau d'échantillonnage spécialisé pour le milieu forestier et composé de 16 stations. Ce réseau, appelé Réseau de mesure des polluants atmosphériques en milieu agricole et forestier au Québec (REMPAFAQ), sera utilisé dans le but de mesurer autant les paramètres météorologiques, de qualité de l'air que de qualité des précipitations (*ibid.*). En 2009, le REPQ et le REMPFAFAQ ont été regroupés sous le même nom, soit le Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP).

Le PSQP comprend actuellement 36 collecteurs repartis sur 34 sites de mesure (MDDEP, 2010). Offrant plusieurs avantages du point de vue technique, la totalité de ces stations partage leur site d'installation avec une station automatique ou avec observateur du Programme de surveillance du climat (PSC) et aussi, pour certaines, avec une station du



Figure 2. 1 Réseau des stations du Programme de surveillance de la qualité des précipitations (tiré de MDDEP, 2010)

Programme de surveillance de la qualité de l'air (PSQA). La distribution des stations du PSQP est présentée à la figure 2.1. Comme le montre cette carte, la majorité des stations de mesure se retrouve dans l'axe Windsor-Québec et dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Cette distribution stratégique offre l'opportunité de couvrir adéquatement les zones les plus vulnérables aux précipitations acides au Québec. En effet, comme il a été expliqué à la section 1.7.1, le territoire le long du fleuve Saint-Laurent est particulièrement sujet aux dépôts acides dus à la dynamique des mouvements atmosphériques. De plus, la région de l'Abitibi-Témiscamingue regroupe un nombre important d'industries minières et autres sources de pollution acide potentielles.

Afin d'assurer la constance, conformité et qualité des données qu'il recueille à ses stations, le MDDEP a élaboré, à la fin des années 1980, un plan d'assurance de la qualité dictant le

mode de fonctionnement obligatoire relatif à la production de ce type de données. Ces spécifications couvrent l'ensemble du processus, soit du prélèvement des échantillons sur le terrain, à l'archivage des résultats dans la banque de données informatique du MDDEP (MDDEP, 2010). Voici un résumé des points importants de ce plan.

### **Critères de localisation des sites d'échantillonnage**

Le choix du site d'implantation de la station permettant de mesurer la qualité des précipitations se doit de respecter certains critères afin d'assurer un minimum de contamination des échantillons par son environnement. En effet, il existe de nombreux facteurs environnementaux (poussières, industries, etc.) potentiellement perturbateurs des caractéristiques chimiques des précipitations recueillies par les collecteurs. De telles perturbations locales nuiraient à la représentativité régionale de l'échantillon. Ainsi, un site d'échantillonnage du PSQP sera situé à un endroit caractérisé, dans la mesure du possible, par :

- l'absence de sources perturbatrices locales comme les incinérateurs, les dépotoirs, les activités agricoles intenses, les cheminées d'usines, les entrepôts de produits chimiques et combustibles ainsi que les routes très fréquentées;
  - un sol de préférence gazonné et non poussiéreux;
  - un dégagement d'au moins deux fois la hauteur des objets environnants.
- (Boulet et Jacques, 1993)

Les sites en milieu forestier (anciennes stations du REMPAFAQ) doivent, quant à eux, respecter deux critères additionnels :

- Le site doit être situé à un minimum de 100 mètres de la route la plus près;
  - Le site doit être situé à un minimum de 20 kilomètres de tout plan d'eau salé.
- (*ibid.*)

Puisque toutes les stations du PSQP sont jumelées à des stations du PSC, les spécifications techniques de ce dernier, par rapport à l'installation des instruments de mesure sur le site, sont utilisées par défaut pour le PSQP. En effet, il n'existe aucun document officiel

d'installation des instruments pour le PSQP car, habituellement, les stations météorologiques offrent un site vraisemblablement assez dégagé et adéquat pour la collecte de données pluviométriques.

### **Prélèvement des échantillons**

Les opérateurs du PSQP procèdent aux prélèvements des échantillons une fois par semaine, toute l'année. Ils doivent tous obligatoirement suivre une procédure de cinq étapes :

- 1) Remplacer l'auget de collecte de dépôts humides;
- 2) Prélever un échantillon des précipitations recueillies pendant la semaine en cours après avoir tout d'abord homogénéisé le contenu du sac de collecte en le secouant avec précaution;
- 3) Mesurer précisément, à l'aide d'un cylindre gradué, le volume des précipitations restantes dans le sac de collecte après prélèvement de l'échantillon;
- 4) Inscrire les informations contextuelles de la collecte sur un bordereau d'échantillonnage (voir annexe 2);
- 5) Envoyer l'échantillon au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), par courrier terrestre. (MDDEP, 2010)

Le prélèvement s'effectue les mains gantées. De plus, comme il a été mentionné précédemment, chaque station du PSQP partage son site avec une station du PSC. Il est ainsi possible de vérifier l'efficacité de la collecte en comparant la quantité de précipitation recueillie aux deux stations. En dessous d'un certain seuil d'efficacité, l'échantillon est jugé erroné et rejeté. (MDDEP, 2010)

Le programme d'assurance de la qualité prévoit aussi, à deux stations, un échantillonnage en double une fois par mois, lorsque les précipitations le permettent. Cette pratique aide à estimer la variabilité des mesures résultant de l'ensemble des manipulations de l'échantillon entre le prélèvement sur le terrain et l'archivage des résultats d'analyse. Elle requiert l'implication de seulement quelques stations du réseau. (Boulet et Jacques, 1993; MDDEP, 2010)

## Collecteurs de précipitations

Le chapitre 1 a mis en lumière l'existence de deux types de dépôts acides, soit les dépôts secs produits par la turbulence atmosphérique ainsi que la gravité et les dépôts humides, contenus à l'intérieur des précipitations liquides et solides. Le PSQP québécois a été conçu spécifiquement pour la mesure de la partie humide des dépôts acides. Pour ce faire, le réseau possède deux modèles de collecteurs sensiblement différents : le GENEQ et le DMA.

Élaboré en 1981 selon les plans et détails techniques des techniciens du ministère, le GENEQ est composé principalement de deux augets collecteurs, d'un chapeau mobile et d'un détecteur de précipitation. Les figures 2.2 et 2.3 ci-dessous présentent une photographie de l'appareil en plus d'un plan technique de ce système. (MDDEP, 2010)



Figure 2. 2 Photographie du collecteur GENEQ (tiré de MDDEP, 2010)

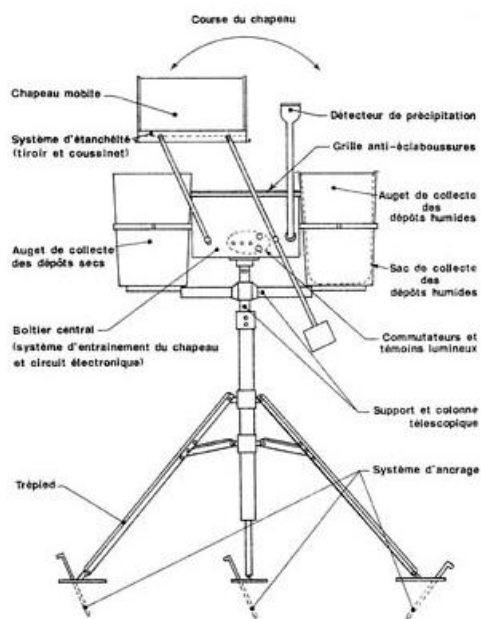


Figure 2. 3 Schéma du collecteur GENEQ (tiré de MDDEP, 2010)

Le fonctionnement du GENEQ est relativement simple. Par temps sec, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de précipitation, l'auget de collecte des dépôts humides est recouvert

hermétiquement par le chapeau mobile. L'étanchéité de la fermeture de ce couvercle est assurée par un coussinet de mousse qui lui-même est recouvert d'une enveloppe de polyéthylène et de nylon. Afin de garantir un minimum de risque de contamination des échantillons, cette enveloppe est remplacée à chaque prélèvement. Lors d'événements de précipitations, un détecteur de précipitations assure l'ouverture de l'auge à dépôts humides. Le chapeau se transfère ainsi sur le deuxième seau, soit l'auge à dépôts secs (voir figure 2.2). Le détecteur est composé d'un circuit électrique exposé à l'air libre et est maintenu à 4 °C. Un sac collecteur de polyéthylène et de nylon respectant des critères de qualité élevés est déjà présent à l'intérieur de l'auge lorsque le détecteur provoque l'ouverture du seau. Puisque le dépôt des substances acidifiantes atmosphériques se produit principalement au début d'un événement de précipitation, cette ouverture est programmée pour s'effectuer très rapidement. D'un autre côté, lorsque le chapeau se retrouve du côté de l'auge à dépôts secs, la température du détecteur augmente à 40°C dans le but de l'assécher constamment. Le couvercle se referme sur l'auge à dépôts humides une fois que le détecteur a été sec pendant au moins 30 secondes consécutives. (MDDEP, 2010)

Il a été exposé précédemment que le PSQP ne mesurait seulement que les dépôts humides. Ainsi, malgré le fait que les dépôts secs ne soient pas vérifiés, l'auge à dépôts secs est tout de même utile puisqu'il permet de vérifier d'une part, l'efficacité du collecteur (la présence de précipitation dans cet auge signale un mauvais fonctionnement) et d'autres parts, de minimiser les poussières qui pourraient se déposer sous son chapeau mobile en agissant comme écran protecteur d'éclaboussures. (MDDEP, 2010)

Le collecteur DMA a, pour la première fois, été installé en 1988 dans le cadre du REMPAFAQ (voir figure 2.4 et 2.5 ci-dessous). Son fonctionnement est identique au GENEQ. Cependant, plusieurs modifications ont été apportées par les techniciens du ministère aux matériaux utilisés pour le bâtir, aux composantes électroniques ainsi qu'à sa colonne télescopique afin de rendre l'appareil plus résistant aux intempéries et aux conditions particulières du Québec. (MDDEP, 2010)



Figure 2. 4 Photographie du collecteur DMA (tiré de MDDEP, 2010)



Figure 2. 5 Schéma du collecteur DMA (tiré de MDDEP, 2010)

### 2.1.2 Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA)

En plus de son important réseau de surveillance de la qualité des précipitations, le PSQP, le territoire québécois fait aussi parti des provinces et territoires suivis par le gouvernement canadien. Géré et exploité par Environnement Canada, le réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) comptait, en 2010, 33 stations réparties à travers le Canada. Cinq de ces stations sont situées au Québec. La distribution des stations du RCEPA est illustrée à la figure 2.6. (Environnement Canada, 2010f)

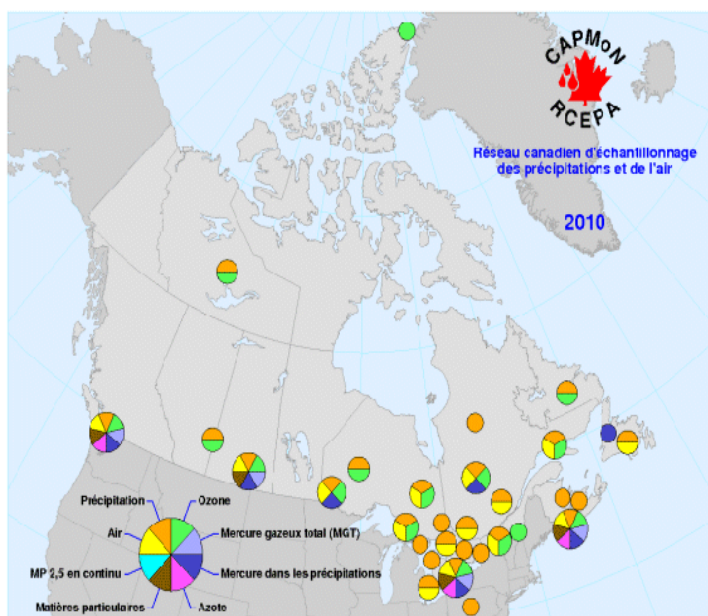


Figure 2. 6 Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (tiré d'Environnement Canada, 2010f)

Le RCEPA a officiellement été mis en exploitation en 1983. Il représente, en fait, le regroupement de deux réseaux plus anciens soit le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations (RCEP) et le Réseau de surveillance de l'air et des précipitations (RSAP). Il est ainsi possible d'avoir accès à des données remontant à 1978. Le RCEPA a d'abord été conçu pour l'étude des profils et des tendances régionaux des polluants atmosphériques. Ainsi, en plus de vérifier la présence d'ion  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  dans les précipitations, le réseau mesure aussi les particules fines, la concentration d'ozone, de mercure dans l'air et dans les précipitations en plus de la concentration d'azote dans l'air. (Environnement Canada, 2010f)

### **Critères de localisation des sites d'échantillonnage**

L'information pour cet aspect du RCEPA n'a pas encore été mise publiquement disponible par Environnement Canada. Les démarches entreprises pour avoir accès à ces informations ont malheureusement été trop longues pour pouvoir incorporer ce point à l'intérieur de cet essai.

### **Prélèvement des échantillons**

Le RCEPA procède au prélèvement des échantillons de précipitation quotidiennement, si un événement de précipitation a eu lieu. Cependant, les sacs de collecte sont tout de même remplacés tous les jours à  $8\text{h}00 \pm 1\text{h}00$ , indépendamment de la météorologie afin d'assurer un certain niveau de qualité des échantillons (Environnement Canada, 2010f; Wetherbee *et al.*, 2010). Les sacs de collecte sont faits de plastique laminé avec chacun une couche intérieure de polyéthylène et un extérieur de Mylar (Wetherbee *et al.*, 2010). Lorsqu'un échantillon est recueilli, il est scellé hermétiquement et réfrigéré à  $4\text{ }^\circ\text{C}$  jusqu'à son envoi au laboratoire d'Environnement Canada à Downsview, en Ontario (*ibid.*).

### **Collecteurs de précipitation**

Les collecteurs de précipitation utilisés par le réseau fédéral sont grandement semblables à ceux du PSQP. Comme on peut le voir à la figure 2.7, les collecteurs ressemblent aux collecteurs DMA exploités par le PSQP sans toutefois la présence de l'auget à dépôts secs. À l'instar du DMA, ce collecteur possède aussi un détecteur de précipitation et ainsi

provoque l'ouverture de l'auget à dépôts humides seulement lors d'un événement de précipitation. Afin de vérifier la quantité de précipitation réelle tombée, chaque collecteur est jumelé, sur le même site, à un pluviomètre de type B assurant la mesure des précipitations liquides ainsi qu'à un nivomètre *Nipher Shielded* (voir figure 2.8) mesurant les précipitations solides (neige, grêle, etc.). Le calcul des dépôts humides se fait en multipliant la quantité de précipitations mesurées dans le pluviomètre ou dans le *Nipher Shielded* par la concentration du polluant ( $\text{SO}_4^{2-}$  ou  $\text{NO}_3^-$ ) analysée dans l'échantillon du collecteur. (Environnement Canada, 2010f)



Figure 2. 8 Collecteur de précipitations pour l'échantillonnage de dépôts acides humides (tiré d'Environnement Canada, 2010f)

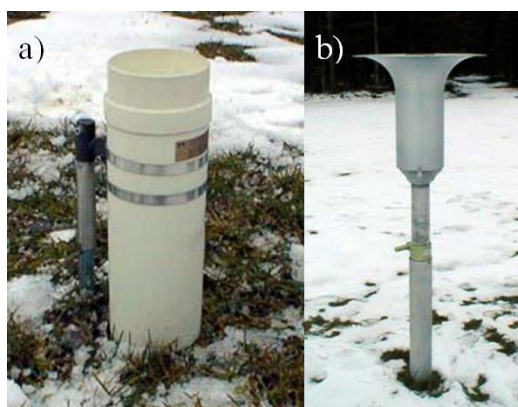


Figure 2. 7 a) Pluviomètre de type B et b) Nivomètre *Nipher Shielded* (tiré d'Environnement Canada, 2010f)

## 2.2 Réseaux de surveillance de la qualité des précipitations présents ailleurs dans le monde

La problématique des précipitations acides est loin d'être exclusive au territoire canadien. L'urbanisation et l'industrialisation intense que connaissent plusieurs régions du monde entraînent une augmentation marquée de la présence et de la fréquence de ce genre de problème environnemental. Ainsi, malgré son leadership à ce niveau, le Canada n'est pas le seul à faire le suivi serré de la qualité des précipitations qui tombent sur son territoire. Plusieurs réseaux de surveillance ont été montés aux États-Unis, en Europe et en Asie depuis les 30 dernières années. Chacun de ces réseaux possède son propre système de mesure, d'analyse et d'assurance de la qualité. Ils présentent aussi inévitablement de

nombreux points forts et points faibles desquels il est possible de s'inspirer. L'étude de ces derniers devient ainsi des plus intéressantes puisqu'elle offre une opportunité d'amélioration en conjuguant l'expertise mondiale dans le domaine. La présente section dresse un portrait des méthodes et pratiques de surveillance de la qualité des précipitations utilisées pour certains réseaux mondiaux importants, soit les réseaux américain, européen et asiatique.

### **2.2.1 United States National Atmospheric Deposition Program/National Trends Network (NADP/NTN)**

Voisins méridionaux du Canada, les États-Unis ont échafaudé, au cours des 30 dernières années, un réseau impressionnant de stations permettant le suivi de la qualité des précipitations sur leur territoire. Le *National Atmospheric Deposition Program*, ou NADP, est en fait un regroupement de quatre réseaux anciennement distincts, soit le *National Trends Network* (NTN), l'*Atmospheric Integrated Research Monitoring Network* (AIRMoN), le *Mercury Deposition Network* (MDN) et l'*Atmospheric Mercury Network* (AMNet). Tandis que les deux derniers permettent la mesure de la concentration de mercure dans l'air et dans les précipitations, le NTN ainsi que l'AIRMoN offrent un réseau d'environ 250 stations actives, réparties sur 46 états, informant de la qualité des précipitations américaines. (NADP, 2011)

Les figures 2.9 et 2.10 montrent la distribution de ces stations actives à travers le pays en plus d'informer de l'emplacement des stations maintenant inactives du réseau.

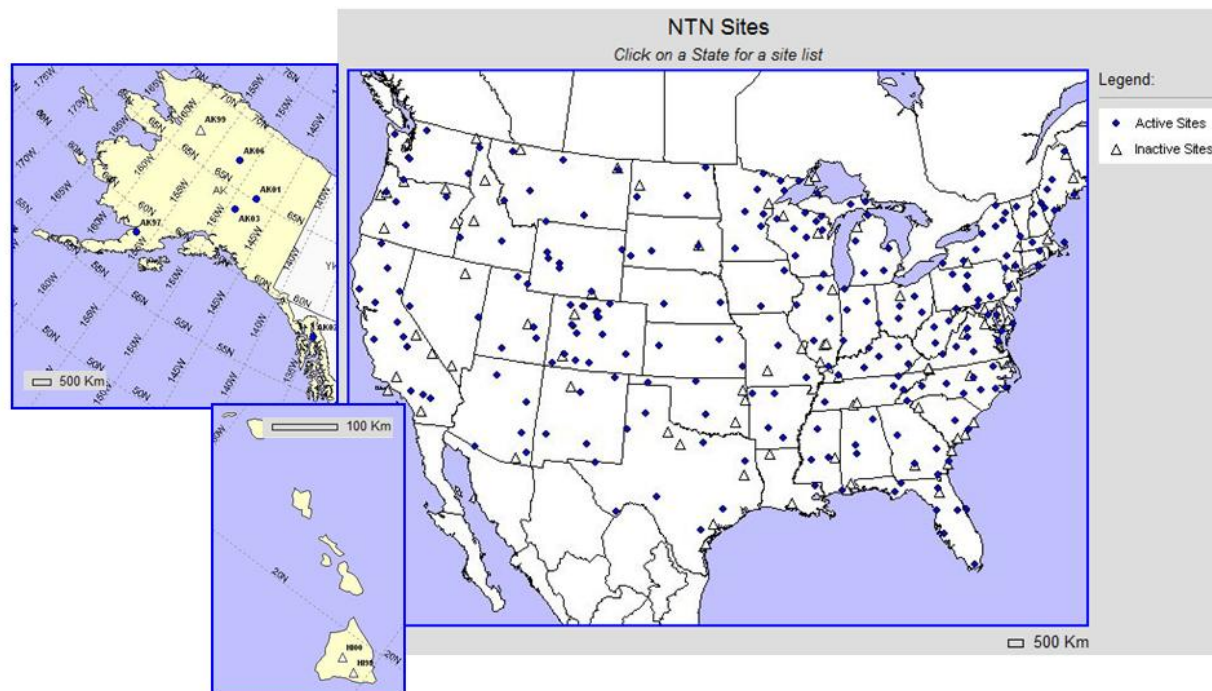


Figure 2. 9 Sites d'échantillonnage du NADP/NTN (sites de Puerto Rico, Virgin Islands et American Samoa non représentés) (tiré de NADP, 2011)

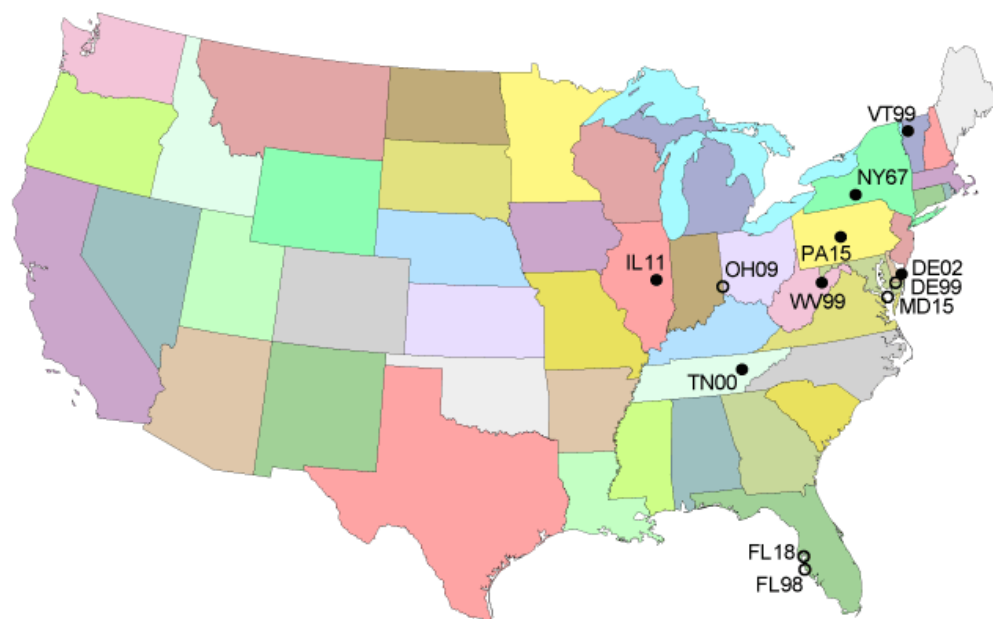


Figure 2. 10 Sites d'échantillonnage du NADP/AIRMoN (tiré de NADP, 2011)

Le NADP doit ses origines à la *North Central Region of the State Agricultural Experiment Stations* (SAES) qui entama, en 1977, le Projet NC-141 portant sur la variation chimique des dépôts atmosphériques aux États-Unis et son influence sur les terrains agricoles, forestiers, ainsi que l'eau de surface (NADP, 1999). Au fur et à mesure de la publication des résultats du projet, la présence d'une augmentation de l'acidité des précipitations est devenue indiscutable au même titre que le rôle des activités humaines dans ce problème. C'est pourquoi les experts du *National Academy of Sciences* recommandèrent fortement, vers la fin des années 1970, la création d'un réseau fiable de mesures et de surveillance des précipitations pour le territoire américain. Suite à cela, 22 nouvelles stations d'échantillonnage furent installées au cours de l'année 1978 et devinrent les racines du NADP (*ibid.*). Avec le temps, quatre autres régions SAES se joignirent aux efforts en plus du réseau fédéral nommé «*National Acid Precipitation Assessment Program*», ou NAPAP, venant ainsi gonfler le nombre de stations présentes sur le territoire à 190 pour l'année 1985. Les autorités fédérales étant conscientes du besoin d'agrandissement, de solidification et de gestion du réseau, offrirent aussi une aide financière importante à l'implantation de nouvelles stations (*ibid.*). Ceci permit de bâtir le vaste réseau connu aujourd'hui.

Ce genre de réseau fiable et à grande échelle est un outil indispensable pour les décideurs fédéraux. En effet, celui-ci permet la vérification de l'efficacité des actions entreprises dans le cadre du *Clean Air Act* pour le contrôle des dépôts acides dans l'environnement. (NADP, 1999)

Plus pertinent pour l'atteinte des objectifs de cet essai, le NADP possède un programme d'assurance de la qualité de ses données grandement complet et détaillé. Voici un résumé de certains points qui devront être abordés lors de l'analyse comparative à la section 2.3.

### **Critères de localisation des sites d'échantillonnage**

Les sites d'échantillonnages du NTN ont été sélectionnés de façon à obtenir des données représentatives de la région où ils se trouvent. Afin d'éviter toute influence sur les données

de sources à proximité (éliminant ainsi la représentativité régionale), les stations du NTN ont été installées loin des zones urbanisées et de sources ponctuelles de pollution comme les usines à charbon (NADP, 1999). Le réseau du NADP souhaite de ce fait pouvoir utiliser ces données de façon à obtenir une généralité des caractéristiques de différentes écorégions, c'est-à-dire des zones partageant la même végétation, type de sol, climat et plusieurs autres caractéristiques. Le nombre de sites implantés dans chacune de ces écorégions a été arrêté suivant la proportion que ces dernières représentent sur le territoire américain (*ibid.*). Cependant, la quantité de stations implantées peut aussi dépendre d'autres considérations importantes comme :

- la présence d'une source de pollution non négligeable;
  - la quantité et la fréquence des précipitations dans cette écorégion;
  - la présence de changement rapide dans les dépôts atmosphériques;
  - la mesure de pollutions transfrontalières;
  - la présence de zones anormalement sensibles aux dépôts acides comme les terrains agricoles, les plans et cours d'eau ainsi que les zones forestières.
- (NADP, 1999)

Côté technique, le NADP respecte plusieurs règles d'installation autant par rapport à l'emplacement d'obstacles autour de la station que par rapport à l'emplacement des instruments sur le terrain. Le manuel de sélection et d'installation de site du réseau (*NADP Site Selection and Installation Manual*) dresse la liste de ces spécifications (NADP, 2009). Quelques points pertinents de ce manuel sont présentés à l'annexe 3.

Encore dans le but d'assurer la qualité exemplaire du réseau, les stations du NTN et de l'AIMoN sont préférablement installées sur des sites déjà utilisés par d'autres réseaux de mesures. Par exemple, deux stations du NTN sont jumelées à deux autres stations du réseau canadien RCEPA (voir section 2.1.2). La colocation de stations de réseaux différents permet la comparaison des méthodes d'échantillonnage et de la précision des données en plus de permettre l'échange de connaissances. (NADP, 1999)

## Prélèvement des échantillons

Il a été exposé précédemment que la partie du NADP mesurant les dépôts acides était en fait deux réseaux couplés, soit le NTN et le AIRMoN. En raison de leur mission quelque peu différente, certaines variations existent quant à leurs modes de gestion et de fonctionnement.

Le NTN a principalement été créé dans le but d'offrir une banque de données à long terme sur la chimie des précipitations américaines. L'échantillonnage se fait une fois par semaine, tous les mardis 9h00 heure locale (NADP, 1999). L'AIMoN, quant à lui, a d'abord été implanté pour la recherche et le développement. Les données recueillies à ses sept stations servent essentiellement à l'étude de l'influence de la météorologie et de la distribution des sources sur la chimie des précipitations. L'échantillonnage de ces stations s'effectue quotidiennement (*ibid.*).

À son arrivée sur le site d'échantillonnage, l'opérateur doit suivre une routine bien précise :

- 1) Faire une vérification de la fonctionnalité de tous les appareils (vérifier s'il y a présence de précipitations dans l'auge à dépôt sec), de la présence de dommage sur le site et de contamination dans l'auge à dépôt humide;
- 2) Remplacer l'auge à dépôts humides par un nouveau en évitant de toucher les instruments à mains nues (utiliser le sac en plastique du nouvel auge comme gants);
- 3) Ensacher l'auge remplacé dans un sac en polyéthylène hermétique;
- 4) Écrire l'heure, la date et l'information concernant une potentielle contamination sur ce sac;
- 5) Transporter l'auge collecté au laboratoire de terrain prudemment, de façon à éviter les fuites.
- 6) Compléter le *Field Observer Report Form* (FORF) (voir annexe 4). Cette étape oblige l'opérateur à analyser, jusqu'à un certain point, la collecte de la semaine. Entre autres, il doit peser l'auge avec les précipitations et prendre un échantillon de liquide dans ce dernier. Le NADP soutient l'hypothèse que, sous certaines conditions, la chimie des précipitations se modifie entre

le moment de la collecte et l'analyse en laboratoire, et ce, malgré toutes les précautions prises. Ainsi, l'opérateur doit aussi inclure, sur le FORF, la conductance et le pH de l'échantillon. Grâce à ces mesures, le NADP espère démontrer et documenter la présence et l'ampleur de ce genre de variation;

- 7) Envoyer l'échantillon, dans un délai de 48 heures après la collecte, au laboratoire du NADP soit le *Central Analytical Laboratory (CAL)*, situé en Illinois. (NADP, 1999)

De plus, chaque premier mardi du mois, l'auge à dépôt sec est aussi remplacé afin d'éviter la contamination du chapeau mobile (voir figure 2.11) (*ibid.*).

Advenant le dysfonctionnement d'un des appareils (qui pourrait empêcher, par exemple, la fermeture du chapeau mobile sur l'auge à dépôt humide), un échantillon est tout de même collecté sur place dans l'auge à dépôt humide. Il doit cependant être explicitement identifié comme étant un échantillon effectué directement sur le site et potentiellement contaminé. (*ibid*)

### Collecteurs de précipitation

Le NTN et l'AIMoN possèdent tous deux le même équipement, soit le collecteur de précipitations Aerochem Metric (ACM), modèle 301, et le collecteur Belfort, modèle B5-780 (voir figure 2.11 et 2.12) (NADP, 1999). Malgré la mesure exclusive des dépôts atmosphériques acides humides, l'auge à dépôts secs est tout de même conservé comme



Figure 2. 11 Collecteur de précipitation Aerochem Metric, modèle 301, utilisé aux stations de mesures du NADP (tiré de NPS, 2005 et de VMC, s.d.)

indicateur de fonctionnalité de l'appareil. L'appareil électrique ACM récolte les précipitations pour les analyses chimiques tandis que le Belfort assure une mesure manuelle de la quantité des précipitations tombées (*ibid.*). L'ACM fonctionne de la même façon que les collecteurs des

réseaux canadien et québécois soit à l'aide d'un détecteur de précipitation. Cependant, les stations du NADP possèdent un instrument supplémentaire intéressant : l'enregistreur d'événement de précipitation. Comme son nom l'identifie, cet instrument informe, à l'heure près, du moment où il y a eu précipitation et peut ainsi aider à confirmer le bon fonctionnement des collecteurs (*ibid.*).



Figure 2.13 Collecteur de précipitation Belfort B5-780 utilisé par le NADP (tiré de VMC, s.d.)

Par ailleurs, le comité exécutif du NADP a décidé, lors d'une réunion officielle en 2010, de procéder à la modernisation des collecteurs utilisés pour l'analyse chimique des précipitations. Un nouvel appareil, l'*Atmospheric Deposition Sampler* (Model 00-120-2, ADS/NTN) de la compagnie N-CON Systems Co., Inc., viendra remplacer tous les ACM d'ici la fin de

2011 (NADP, 2011). Ce nouveau collecteur est dit plus compact, plus facile à entretenir, simple à installer et est censé offrir un minimum de contamination des échantillons par son «protecteur d'éclaboussure» (*splash shield*) (N-CON System Company, Inc., 2010). La figure 2.13 représente l'*Atmospheric Deposition Sampler* sous deux angles différents. La figure 2.14, quant à elle, présente un schéma détaillé du produit.

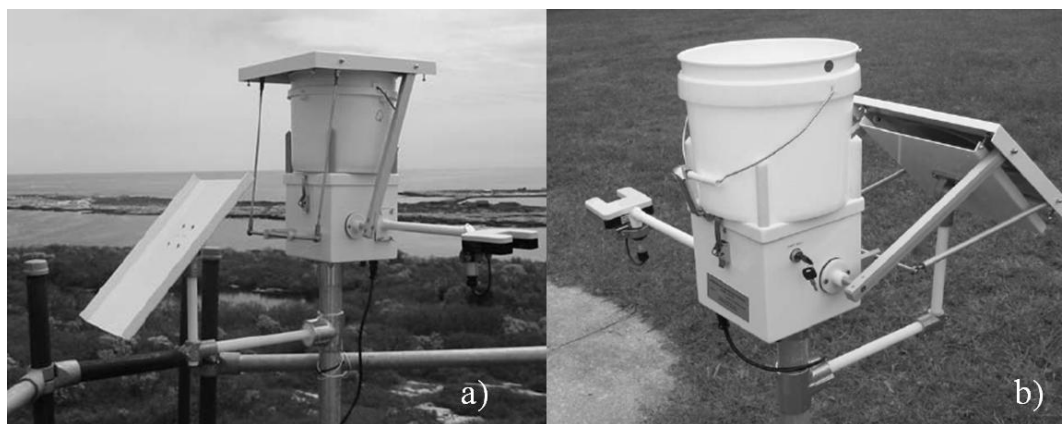


Figure 2.12 *Atmospheric Deposition Sampler*. a) Collecteur avec un couvercle scellé, b) Couvercle ouvert qui repose sur un protecteur d'éclaboussure (tiré de N-CON System Company, Inc., 2010)

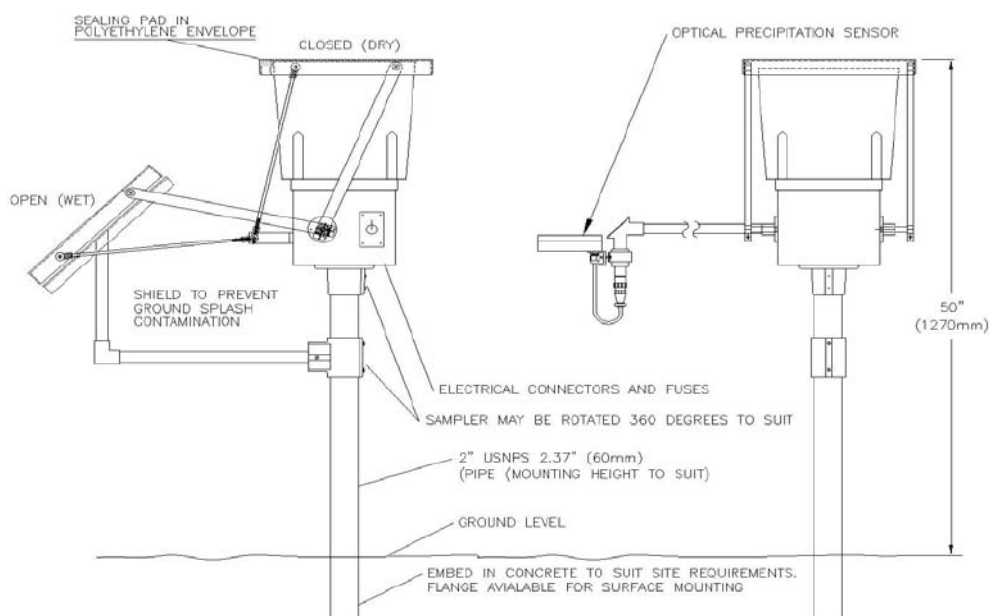


Figure 2. 14 Schéma détaillé de l'Atmospheric Deposition Sampler (tiré de N-CON System Company, Inc., 2010)

## 2.2.2 European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP)

L'European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) a pris racine en 1977 en réponse à l'inquiétude grandissante de la population européenne quant aux effets des dépôts acides sur leur environnement (NILU, 2001). Organisé, à l'époque, en partenariat avec la Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE), l'EMEP est un

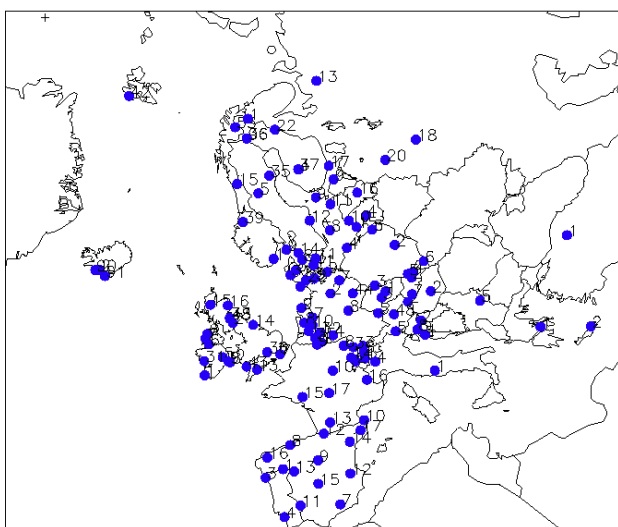


Figure 2. 15 Distribution, en 2006, des stations mesurant la qualité des précipitations de l'EMEP (tiré d'EMEP, 2010)

programme coopératif regroupant tous les réseaux de surveillance des précipitations des différents pays adhérents (*ibid.*). Il est aujourd'hui un élément indispensable de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance qui commande la réduction de l'acidification de l'environnement européen (NILU, 2001). Ainsi, le principal objectif du programme est de fournir aux autorités gouvernementales de l'information fiable sur les dépôts et concentrations des polluants

atmosphériques et tout particulièrement sur la quantité et la portée des courants de transport transfrontalier des polluants.

L'EMEP compte environ 90 stations de suivi des précipitations distribuées entre les 37 pays participants (EMEP, 2010). La figure 2.15 présente l'emplacement de ces stations. Malgré les différences initiales dans la gestion des réseaux selon les pays, l'EMEP possède aujourd'hui un protocole universel d'échantillonnage et d'analyse des données chimiques de l'ensemble de ses stations (NILU, 2001). En voici quelques points intéressants :

### **Critères de localisation des sites d'échantillonnage**

Allant directement dans le sens de son objectif, chaque site de l'EMEP doit permettre la validation des modèles constitués dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Ainsi, le site choisi doit être représentatif dans la région dans laquelle il se situe (NILU, 2001). C'est pourquoi l'EMEP a élaboré trois exigences quant à l'installation des stations :

- 1) La moyenne des précipitations annuelles au site potentiel ne doit pas différer significativement des autres sites du réseau national mesurant les précipitations;
- 2) Le site doit offrir une zone particulièrement dégagée permettant l'installation de l'équipement de façon à respecter les normes de l'Organisation Météorologique Mondiale (WMO, 1971). Par exemple, aucun obstacle, comme des arbres ou des bâtiments, ne doit être plus haut que l'angle de 30° pris à partir du collecteur de précipitations. De plus, il est important de porter une attention particulière aux vents dominants lors des événements de précipitation dans la région lors de l'installation des instruments.
- 3) Le site doit être situé à plus d'un kilomètre de toute source importante de poussière (routes et terrains agricoles). De plus, il ne doit pas se trouver à proximité d'une zone avec combustion significative de bois, de tourbe ou de charbon. Les sources locales d'ammoniac (activités agricoles) doivent aussi être évitées. (NILU, 2001)

## **Prélèvement des échantillons**

Les opérateurs de l'EMEP procèdent au prélèvement des échantillons de précipitation sur une base quotidienne, aux alentours de 8h00, heure locale (NILU, 2001). La procédure exacte d'échantillonnage sera variable dépendamment du type d'équipement présent à la station. Ainsi, un protocole détaillé et spécifique à la station doit être disponible sur le site en question, dans la langue de l'opérateur. Voici un exemple de procédure typique suivie pour une station de l'EMEP :

- 1) Se procurer l'équipement nécessaire pour procéder à l'échantillonnage (bouteilles). Indiquer clairement sur la bouteille d'échantillonnage le numéro et nom de la station ainsi que l'heure du début et de la fin de l'opération;
- 2) S'il y a un risque de toucher l'intérieur du tube collecteur (voir figure 2.16), l'opérateur doit impérativement enfiler une paire de gants en polyéthylène jetables;
- 3) Échanger la nouvelle bouteille d'échantillonnage avec celle du collecteur et procéder à la vérification de la fonctionnalité de l'appareil (tube, détecteur, etc.). Vérifier la présence de contamination comme des insectes et des feuilles d'arbre. Si présence il y a, éliminer les agents contaminants et rincer l'équipement avec de l'eau distillée.
- 4) Transporter la bouteille récoltée au collecteur au laboratoire de terrain;
- 5) Peser la bouteille et en prélever ensuite un échantillon de 50 à 100 millilitres. Entreposer ce dernier dans un réfrigérateur jusqu'à son envoi au laboratoire d'analyse du réseau;
- 6) Éliminer le reste de l'eau contenue dans la bouteille, la rincer avec de l'eau distillée et l'entreposer la tête en bas pour en faciliter le séchage;
- 7) Remplir le formulaire d'échantillonnage de terrain en prenant soin d'y noter tout élément pouvant influencer les résultats de l'analyse de l'échantillon (ex. : contamination visible dans la bouteille, feux dans la région, pollen, zone de construction à proximité, vents violents, etc.). (*ibid.*)

## Collecteurs de précipitations

Le collecteur de précipitation utilisé aux différents sites d'échantillonnage de l'EMEP consiste, en principe, en un tube et un récipient de récupération comme illustré à la figure 2.16 (NILU, 2001). Le collecteur doit être installé entre 1,5 et 2 mètres du sol afin d'éviter

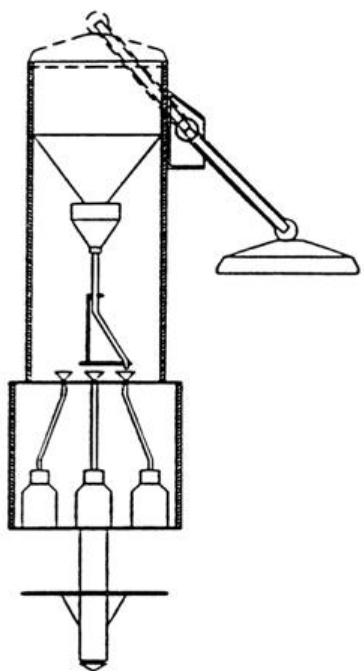


Figure 2. 16 Collecteur de précipitation, modèle PR1410, utilisé par l'EMEP (tiré de NILU, 2001)

la contamination lors d'événements de fortes pluies. Il est aussi fortement recommandé que le collecteur soit protégé de la poussière et de l'absorption de polluants gazeux par l'utilisation d'un chapeau mobile qui sera activé par un détecteur de précipitation. Tout équipement en contact avec l'eau de précipitation récupéré doit être chimiquement inerte. Il est ainsi suggéré d'utiliser des matériaux comme du polyéthylène et du tétrafluoroéthylène (*ibid.*). Il est cependant important de prendre en compte les propriétés physiques de ces matériaux dans la construction des collecteurs. Par exemple, puisque le polyéthylène devient fragile

lorsqu'exposé au soleil, il est recommandé de le remplacer chaque année s'il est sujet à ce genre d'exposition (*ibid.*).

Il est aussi préférable d'installer, avec chaque collecteur pour l'analyse chimique des précipitations, un autre

collecteur offrant une mesure fiable de la quantité de précipitations tombées. Pour les régions où une proportion significative des précipitations tombe sous forme de neige ou de glace, il est conseillé d'utiliser un collecteur adapté comme un cylindre ouvert de polyéthylène d'une ouverture d'environ 20 centimètres de diamètre. La hauteur de ce cylindre devra toutefois être au moins deux fois plus grande que son diamètre afin d'éviter les pertes par turbulence. Finalement, il sera important de recouvrir le cylindre hermétiquement lorsqu'il sera transporté à l'intérieur pour faire fondre la neige ou la glace (NILU, 2001).

Puisque l'EMEP est plutôt un regroupement de plusieurs réseaux nationaux d'échantillonnages, chaque pays doit se procurer lui-même son instrumentation qui devra

être conforme aux normes posées par l'organisation. Ainsi, l'apparence et la forme des appareils de collecteurs peuvent différer d'un site à l'autre (NILU, 2001). La figure 2.17 offre quelques exemples de collecteurs actuellement en fonction pour le réseau.

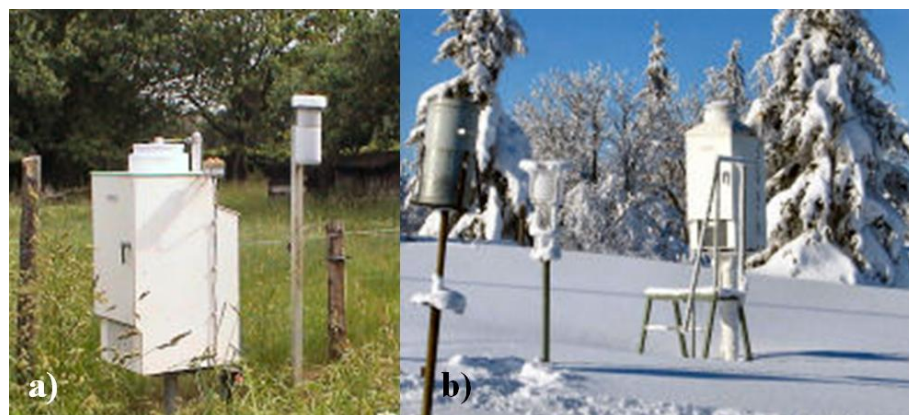


Figure 2. 17 Collecteurs de précipitations fabriqués par la compagnie Eigenbrodt GmbH & Co et utilisés par l'EMEP. a) Modèle NSA 181/KS à la station Schleswig-Holstein; b) Modèle NSA 181/KHD à la station SHMI en République tchèque (tiré d'Eigenbrodt, 2008)

### 2.2.3 Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)

Le réseau asiatique de suivi des précipitations, l'*Acid Deposition Monitoring Network in East Asia* (EANET), est officiellement entré en opération en 1998 grâce à l'initiative intergouvernementale de créer une expertise commune du statut des dépôts acides en territoire asiatique (ACAP, 2010). De cette façon, les ambassadeurs du projet souhaitent



Figure 2. 18 Pays participant à l'EANET (tiré d'ACAP, 2010)

obtenir et fournir des informations vitales à la prise de décision des autorités gouvernementales à travers l'Asie, permettant ainsi la prévention et la réduction des effets néfastes sur l'environnement. Ce projet entraine aussi dans l'idée de promouvoir la coopération entre les différents pays du continent (*ibid.*). Le réseau regroupe aujourd'hui 13 pays listés à la figure 2.18. S'inspirant du succès indiscutable du réseau de surveillance européen, l'EMEP, l'EANET se veut une initiative de coopération

régionale pour la promotion d'un environnement durable et la protection de la santé humaine (ACAP, 2010). Le réseau compte actuellement une cinquantaine de stations d'échantillonnage des précipitations distribuées selon la carte présentée à la figure 2.19.

L'EANET procède à la mesure des deux types de dépôts acides soit, les dépôts humides et secs. Pour ce faire, le réseau possède un protocole d'opération pour chaque type d'échantillonnage. Pour des raisons de pertinence envers le projet d'analyse comparative de cet essai, seule la procédure pour l'échantillonnage des dépôts humides sera expliquée subséquemment.

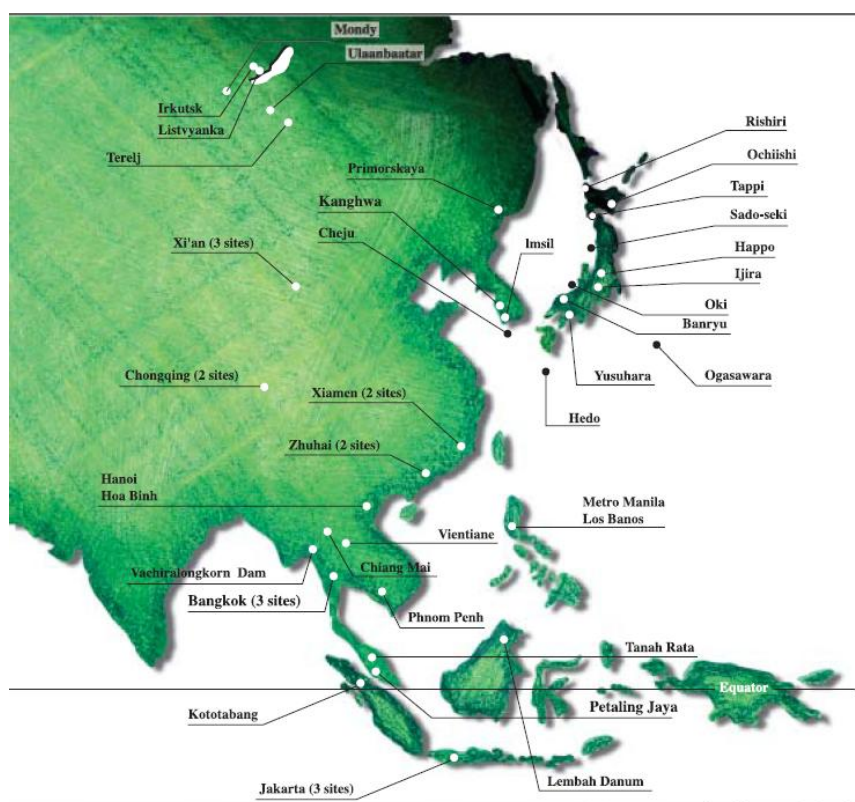


Figure 2. 19 Sites de collecte des dépôts humides de l'EANET (tiré d'EANET, 2005)

### Critères de localisation des sites d'échantillonnage

La sélection d'un site d'échantillonnage est un facteur déterminant pour la surveillance efficace des précipitations. Afin d'offrir une représentativité adéquate à l'échelle de ce genre de réseau, la station doit être installée dans un endroit caractéristique de la région dans laquelle elle se situe. Il est ainsi important de considérer la topographie, l'utilisation du sol ainsi que les habitudes météorologiques du site potentiel (EANET, 2000). Un site

choisi ne devrait pas être localisé dans des endroits ayant des caractéristiques météorologiques particulières qui ne seraient pas typiques pour la région à l'étude. La station doit aussi être située à plus de 20 kilomètres de sources potentielles de pollution atmosphérique (*ibid.*). De plus, les zones côtières et volcaniques, les eaux thermales, les routes ainsi que les terrains agricoles ne sont pas recommandés. D'un autre côté, le collecteur de précipitation requiert une connexion électrique fiable. Il est ainsi indispensable d'installer la station dans une région ne connaissant pas de perte d'électricité fréquente (*ibid.*).

Puisque certaines de ses stations sont situées en milieu urbain, rural ou éloignées, l'EANET possède des spécifications techniques différentes pour chaque type d'environnement. Par exemple, les sources importantes de pollution atmosphérique doivent être à plus de 50 kilomètres pour une station installée en milieu éloignée, contrairement à 20 kilomètres pour une station rurale (EANET, 2000).

L'EANET aussi suggère fortement le respect de ces critères quant à l'installation d'une station d'échantillonnage des précipitations :

- Elle doit être installée sur une surface plane, gazonneuse et être assez éloignée des obstacles à proximité (dans un endroit assez dégagé). Aucun objet ne devrait se trouver trop près des équipements de mesure;
- La distance horizontale entre un obstacle important et le collecteur devrait être au moins deux fois la hauteur de cet obstacle;
- Aucune source de contamination (incinérateur, site d'enfouissement technique, stationnement, chauffage domestique, etc.) ne doit être située à moins de 100 mètres du site;
- La distance entre l'échantillonneur de précipitation et le collecteur doit être plus grande que 2 mètres. (EANET, 2000)

Finalement, les sites d'échantillonnage doivent comprendre un bâtiment d'opération afin d'abriter le laboratoire de terrain et, naturellement, un périmètre comprenant les

instruments de mesure extérieurs. Ces deux éléments doivent être séparés d'au moins 50 mètres. De plus, le site doit être clôturé de façon à éviter le vandalisme.

### **Prélèvement des échantillons**

Comme il a été expliqué précédemment, l'EANET est en fait un regroupement de plusieurs réseaux nationaux de surveillance des précipitations. C'est pourquoi quelques différences peuvent être observées dans les méthodes d'échantillonnage d'un pays à l'autre. De ce fait, le prélèvement des échantillons se fait, en général, quotidiennement à 9h00 (EANET, 2000). Pour certaines stations du réseau, le prélèvement peut aussi s'effectuer «à l'événement», soit suite à une occurrence de précipitation. Toutefois, l'EANET déconseille ce genre de prélèvement dû aux difficultés opérationnelles qu'il engendre (difficile de déterminer le début et la fin exacte d'un événement de précipitation, disponibilité restreinte des opérateurs, etc.) (*ibid.*).

Le prélèvement des échantillons de précipitation se fait, généralement, en sept étapes :

- 1) Les bouteilles d'échantillonnage, qui ont d'abord plongé pendant 48 heures dans un détergent, doivent être nettoyées à l'aide d'eau distillée, sur place, au laboratoire de terrain;
- 2) Après les avoir refermées correctement et glissées dans un sac de plastique, les bouteilles doivent être transportées au collecteur;
- 3) Le contenant déjà en place dans le collecteur est remplacé par la nouvelle bouteille d'échantillonnage après avoir été bouchonné. Il est important pour l'opérateur de porter des gants en plastique jetables lorsqu'il manipule les bouteilles d'échantillonnage;
- 4) Transporter le contenant plein du collecteur au laboratoire de terrain après l'avoir soigneusement refermé et emballé dans un sac de plastique pour éviter les pertes. Dû aux potentielles contaminations et fuites que cela pourrait causer, il est déconseillé d'effectuer un transfert du contenant à l'échantillon de précipitation directement au collecteur;
- 5) S'il y a présence d'un collecteur de précipitation ordinaire (*rain gauge*), mesurer la quantité de précipitations tombées depuis la dernière visite. Cette

mesure doit être effectuée toutes les 24 heures même s'il n'y a pas d'échantillon recueilli au collecteur voué à l'analyse chimique des précipitations;

- 6) Peser l'échantillon récolté au collecteur à l'aide de la balance disponible au laboratoire de terrain et procéder à l'identification nécessaire;
- 7) Entreposer l'échantillon dans un réfrigérateur à 4 °C sous forme de bouteilles de 100 millilitres. Si le volume de l'échantillon dépasse 200 millilitres, l'excédent peut être éliminé. Par manque de réfrigérateur au laboratoire de terrain, utiliser un biocide pour conserver les échantillons. Le cumul des échantillons collectés doit être transmis au laboratoire du réseau une fois par semaine. (EANET, 2000)

Advenant la présence de contaminants visibles (ex. : feuilles, insectes, etc.), il est recommandé de filtrer l'échantillon avec un filtre propre (*ibid.*).

Afin d'assurer le bon fonctionnement du collecteur de précipitation, un contrôle de qualité, appelé «field blank», doit aussi être effectué une fois par mois. Cette opération consiste à faire couler 100 millilitres d'eau déionisée à l'intérieur du collecteur après avoir soigneusement rincé ce dernier. Ce 100 millilitres est ensuite recueilli, traité comme un échantillon habituel de précipitation et envoyé au laboratoire général du réseau pour être analysé. Suite à la comparaison des résultats obtenus avec les concentrations normales d'éléments chimiques qui devraient être retrouvés, il est possible de déterminer si l'appareil a besoin d'être modifié ou nettoyé. (*ibid.*)

### **Collecteurs de précipitations**

Probablement en raison de sa relativement récente inauguration, le réseau asiatique présente actuellement un manque d'homogénéité dans ses collecteurs de précipitations. En effet, plusieurs modèles différents sont utilisés dépendamment des pays et de l'emplacement de la station (zone urbaine, locale et éloignée). Certains collecteurs présentent de nombreuses caractéristiques de ceux utilisés par le PSQP ou le NADP (voir figure 2.20) tandis que d'autres ressemblent plus au modèle exigé par l'EMEP (voir figure 2.21).



Figure 2. 20 Exemples de stations de l'EANET: a) Station Phnom Penh, Cambodge, b) Station Haifu, Chine, c) Station Rishiri, Japon et d) Station Ochishi, Japon (tiré d'ACAP, 2010)



Figure 2. 21 Exemples de stations de l'EANET: a) Station Petaling Jaya, Malaisie et b) Station Shizhan, Chine (tiré d'ACAP, 2010)

## **2.3 Analyse comparative entre le PSQP et les réseaux mondiaux de surveillance des précipitations**

La présentation de quelques-uns des systèmes de surveillance des précipitations utilisés à travers le monde permet d'observer de nombreuses différences entre eux, mais aussi certaines ressemblances non négligeables. Les responsables de chacun élaborent et modifient leur propre réseau en tentant de répondre le mieux possible aux spécificités de son territoire et d'offrir les meilleures données qui soient avec les ressources à leur disposition. En effet, il est louable de vouloir procéder à un échantillonnage uniforme et comparable entre réseaux. Cependant, les caractéristiques d'une région (climat, système politique, budget, etc.) peuvent changer radicalement d'un pays à l'autre et il devient alors très difficile d'uniformiser les interventions de surveillance. Ces caractéristiques peuvent même être grandement variables à l'intérieur d'un même pays comme aux États-Unis. D'un autre côté, l'expertise dans un domaine particulier se développe indiscutablement avec l'expérience et le temps. Le perfectionnement continu de cette expertise permet l'amélioration constante des méthodes et de la technologie à la disposition des opérateurs de réseau.

À l'instar de la majorité des réseaux de surveillance de précipitations existants, le PSQP québécois souhaite assurer le maintien de hauts standards de la qualité des données qu'il recueille (MDDEP, 2010). Entrant directement dans cette logique et, par le fait même, répondant à l'objectif général de cet essai, une analyse comparative du PSQP avec les quatre autres réseaux détaillés aux sections 2.1 et 2.2 offrirait une opportunité non négligeable d'amélioration du réseau québécois. La section qui suit tentera ainsi de faire ressortir les points forts et faibles à retenir de ces différents réseaux dans le but de s'en inspirer pour l'amélioration continue du PSQP.

### **2.3.1 Analyse comparative et recommandations**

La mesure d'un élément environnemental, comme la quantité des dépôts acides touchant le sol, n'est pas toujours évidente à réaliser. En effet, ce genre d'élément est influencé par de nombreux facteurs externes parfois difficilement prévisibles. C'est pourquoi il est primordial de procéder de façon méthodique et consciencieuse pour arriver à son objectif

de mesure. De plus, afin de pouvoir comparer ces mesures entre elles, il est aussi indispensable d'échantillonner l'élément environnemental de façon uniforme en tout temps. C'est dans ce but que l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a élaboré un guide permettant d'uniformiser la collecte de données autant de niveau météorologique qu'au niveau des polluants atmosphériques. Ce guide, nommé *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, suggère certains critères de base à respecter lors de l'implantation d'un réseau de surveillance des précipitations (WMO, 2008). L'OMM étant un organisme renommé dans son domaine, son opinion devrait être prise en considération. Les critères de l'OMM constituent une base solide et incontournable à tout réseau de surveillance des précipitations acides. De ce fait, et pour les besoins de cet essai, ces critères seront aussi considérés dans l'analyse comparative. Cette dernière sera effectuée par section, selon les types de spécifications techniques en cause (critère de localisation de la station, prélèvement des échantillons et collecteurs de précipitations). Une liste des critères de l'OMM pertinents à l'analyse peut être trouvée à l'annexe 5.

### **Critères de localisation des sites d'échantillonnage**

Les cinq réseaux détaillés précédemment, y compris le PSQP, possèdent chacun certaines spécifications techniques par rapport à l'installation de leurs stations d'échantillonnage de précipitations. Le NADP tient des exigences assez strictes quant à l'aspect de la sélection du site d'échantillonnage. Comme il est possible de le voir à l'annexe 3, ces critères sont quantitatifs et très précis. Ils sont toutefois divisés en deux types : les règles et les directives. Tandis que les premières sont obligatoires, les directives sont, quant à elle, à respecter dans la mesure du possible. En comparant ces critères à ceux de l'OMM, il est facile de constater que certaines règles n'atteignent pas les exigences de l'organisme. Cependant, la plupart des directives les respectent. Il ne faut pas oublier que les recommandations faites par l'OMM peuvent devenir difficiles à suivre pour certaines parties du globe. En effet, surtout lorsque l'on tente d'observer la dynamique d'un problème de cause anthropique, la station doit se trouver dans une région bien précise et souvent habitée. Il est ainsi grandement difficile de dénicher un endroit respectant des distances en kilomètres de sources de pollution ou autres objets. Par conséquent, les critères

utilisés par le NADP peuvent être considérés comme complets, acceptables et réalisables sur le terrain.

Du côté de l'EMEP, l'organisation a choisi précisément le suivi des règles dictées par l'OMM pour l'installation des stations de son réseau. Les critères de ce réseau peuvent donc être considérés comme conformes et appropriés pour le suivi de la qualité des précipitations.

Le réseau asiatique (EANET) n'offre cependant pas le même bulletin d'excellence. L'EANET possède bien des critères quantitatifs à respecter pour l'installation de ses stations. Cependant, l'EANET divise ses stations en trois types (urbaine, rurale et éloignée) et exige des spécifications techniques différentes pour chacun (avec des exigences moins sévères pour les stations urbaines). En plus de prélever des données en pleine zone inévitablement et variablement touchée par la pollution atmosphérique, les résultats des différentes stations du réseau ne peuvent être comparés entre eux puisque leurs paramètres ne sont pas mesurés de façon uniforme. Les méthodes de l'EANET, quant aux critères de localisation des sites d'échantillonnages, ne sont donc pas recommandées.

Les trois réseaux internationaux (NADP, EMEP et EANET) ont toutefois tous produit ou adhéré à un système de sélection de site et d'installation d'instruments clair, quantitatif et organisé dans un document facilement accessible aux opérateurs (accessible dans sa forme et sa disponibilité). Ceci représente un atout significatif pour assurer l'uniformité d'un réseau d'échantillonnage. Il ne faut pas oublier que l'observation de l'évolution de la qualité des précipitations sur un territoire à grande échelle (c'est-à-dire, regroupant les données de plusieurs stations d'échantillonnage) sera possible seulement avec des données comparables dans le temps et l'espace. Or, le réseau québécois du PSQP ne possède pas ce genre de documentation structurée relatif aux critères de localisation qu'il doit respecter. En fait, l'installation des instruments de mesure de la qualité des précipitations doit suivre, à défaut d'un manuel exclusif à cet aspect, les critères utilisés pour l'installation des stations météorologiques du PSC. Certains paramètres n'ayant aucune influence sur les données météorologiques peuvent cependant avoir d'importants impacts sur les résultats de

pollution atmosphérique comme les dépôts acides. Il serait ainsi grandement souhaitable de procéder à l'élaboration d'un manuel spécialement conçu pour l'échantillonnage des précipitations au Québec. Ce dernier permettrait de clarifier les besoins et exigences pour l'ensemble des stations du réseau et, par le fait même, viserait à assurer l'uniformité des données recueillies. Ultimement, l'élaboration de ce document indispensable viendrait solidifier le plan d'assurance de la qualité des données du réseau.

Il sera important, lors de la rédaction de ce document, de s'assurer de respecter les critères d'implantation recommandés par l'OMM puisque ce dernier représente une ressource crédible dans le domaine. Les manuels du NADP ainsi que de l'EMEP représentent aussi de très bons exemples desquels il serait intéressant de s'inspirer pour certains aspects du document (présentation, format, vulgarisation, idées, etc.). Il serait finalement avantageux de profiter du montage de ce manuel pour procéder à la mise à jour des procédures utilisées par le réseau et de vérifier la conformité des différentes stations déjà existantes.

### **Prélèvement des échantillons**

Le processus d'échantillonnage est sensiblement le même pour tous les réseaux présentés dans ce document. Quelques différences persistent cependant au niveau de la fréquence d'échantillonnage et de certaines étapes du processus. De façon évidente, le prélèvement des échantillons au site d'échantillonnage sera directement dépendant du type de collecteur en place. Un point reste néanmoins crucial pour l'ensemble de l'instrumentation, soit l'atteinte d'un minimum de contamination. Ceci peut être obtenu en suivant une méthodologie précise d'échantillonnage qui portera une attention particulière à éliminer toute contamination potentielle. Or, le PSQP ne semble pas détenir de protocole écrit et précis de ce genre de manipulation. Il existe effectivement un manuel de l'observateur pour les opérateurs des stations du PSC, mais aucun document officiel ne semble être disponible pour les manipulations effectuées dans le cadre du PSQP. Ainsi, dans le même ordre d'idée que pour l'aspect de la sélection des sites d'échantillonnage, il serait pertinent de procéder à l'élaboration d'un protocole réservé exclusivement pour l'échantillonnage des précipitations du PSQP. Ceci permettrait, encore une fois, d'assurer l'uniformité des pratiques et aussi de mieux contrôler les manipulations des opérateurs.

D'un côté plus technique, l'étude des protocoles des différents réseaux permet d'observer que l'échantillonnage effectué de façon quotidienne est plus populaire que l'hebdomadaire. Il est vrai que procéder à la mesure des précipitations tous les jours peut représenter un atout au niveau de la recherche scientifique. L'OMM recommande même fortement cette fréquence de mesure dans son guide (WMO, 2004). Cependant, dû au matériel et au temps que les manipulations impliquent, l'échantillonnage quotidien peut s'avérer coûteux. Il est évident que le PSQP gagnerait amplement à augmenter sa fréquence d'échantillonnage à sept jours sur sept. En effet, cela pourrait permettre l'élargissement du potentiel d'utilisation des données et ainsi augmenter la clientèle et les partenaires intéressés au réseau. Il serait en outre avantageux pour le PSQP de procéder à l'analyse des possibilités que pourrait offrir une telle modification du processus d'échantillonnage.

L'étude des différentes méthodes de mesure utilisées à travers le monde permet aussi de faire ressortir le potentiel de l'auge à dépôts secs comme source de contamination. En effet, le chapeau mobile se déplace de l'auge à dépôts humides sur l'auge à dépôts secs lors d'un événement de précipitation. Plusieurs fois il a été mentionné à travers les documents étudiés que l'auge à dépôts secs pouvait parfois devenir souillé assez rapidement entre les différents événements. Ainsi, lorsque le chapeau vient s'y déposer, les contaminants se transfèrent de l'auge au-dessous du chapeau mobile. En refermant ensuite l'auge à dépôts humides, les contaminants peuvent venir en contact avec l'échantillon de précipitation. Afin de minimiser ce risque, le NADP, par exemple, procède au remplacement de l'auge à dépôts sec une fois par mois. Cette méthode permet de garantir une certaine propreté de l'instrument. D'autres, comme l'EANET, effectuent le nettoyage sur place de l'instrumentation souillée à l'aide d'eau distillée et déionisée. Il serait ainsi peut-être avantageux de s'inspirer d'une de ces méthodes et d'effectuer la vérification de l'auge à dépôts secs au moins une fois par mois et, pour les cas de contamination, d'élaborer un protocole pour minimiser les risques.

## **Collecteurs de précipitations**

De nombreux collecteurs de précipitations sont disponibles à travers le monde pour effectuer la mesure des caractéristiques chimiques des précipitations. Or, deux modèles semblent être utilisés de façon générale par les différents réseaux, soit le collecteur de précipitations semblable au DMA du MDDEP (voir figure 2.4 et 2.5) et le collecteur PR1410 utilisé par l'EMEP (voir figure 2.16). Les deux types d'instruments ne semblent pas offrir de différence significative au niveau de leur performance de collection. Le modèle européen permet de manipuler le matériel relativement plus facilement vu ses dimensions restreintes tandis que le DMA offre la possibilité d'amasser une plus grande quantité de précipitation. Les deux modèles possèdent un système d'ouverture et de fermeture automatique utilisant un détecteur de précipitations. Comme il a été spécifié quelques fois au cours du chapitre 2, les collecteurs de précipitation sont souvent améliorés et adaptés selon les spécificités de chacune des stations. Il est ainsi difficile de faire des recommandations concernant la modification des collecteurs déjà en place au PSQP. Néanmoins, il pourrait être intéressant d'étudier plus en profondeur les caractéristiques des nombreux spécimens de collecteurs présentés dans cet essai et de s'en inspirer pour améliorer les collecteurs québécois.

## **Autres recommandations**

La recherche d'informations pour la rédaction de ce chapitre a donné l'opportunité de mettre en lumière les différents moyens de communication favorisés par les réseaux de surveillance mondiaux. Un aspect significatif de cela est la grande transparence des réseaux quant à leurs activités et à leurs modes de fonctionnement (à l'exception du RCEPA). Par exemple, le site Internet du NADP est une mine d'information sur tout ce qui touche l'organisme. Il est ainsi remarquablement facile d'obtenir de l'information sur leurs stations, leurs résultats, leurs publications, etc. Les sites Internet de l'EMEP et de l'EANET, quoique moins complets et structurés, offraient eux aussi de l'information pertinente à leur réseau. Ce genre de méthode communicative représente un avantage inestimable pour la promotion et la visibilité de leur réseau. Avec l'avènement technologique du 21<sup>e</sup> siècle, la visibilité sur le cyberspace est devenue quasi indispensable. Dans cet ordre d'idée, il est proposé d'assurer la construction d'un site Internet

spécialement conçu pour la transmission d'informations exclusivement sur le réseau québécois du PSQP. La page actuellement réservée à ce sujet est plutôt difficile à dénicher à travers les nombreux onglets du site Internet du MDDEP. La création d'un site dédié exclusivement au PSQP permettrait sans contredit d'augmenter la visibilité du réseau et d'en faire ainsi la promotion. De nouveaux clients et partenaires pourraient être trouvés de la sorte.

D'un autre côté, ce genre de site offrirait l'opportunité de mettre en valeur les différentes publications du réseau ainsi que celles utilisant les résultats de celui-ci. À l'instar du portail du NADP, tous les protocoles d'échantillonnage, les rapports d'évolution des tendances, les plans d'assurance de la qualité et bien d'autres pourraient y être publiés. Ceci permettrait une plus grande transparence du réseau envers le public et convaincrail du sérieux de la démarche de surveillance de la qualité des précipitations au Québec.

### **2.3.2 Liste des recommandations**

Afin d'offrir une visualisation plus rapide des recommandations apportées à la section précédente, voici une liste de ces dernières :

#### **Recommandation 1**

Élaborer un manuel d'installation et de procédure pour les stations du PSQP. Y incorporer les critères de l'OMM et s'inspirer des manuels déjà existants du NADP et de l'EMEP.

#### **Recommandation 2**

Analyser les avantages et inconvénients (coûts et bénéfices) de l'augmentation de la fréquence des échantillonnages d'une fois par semaine à une fois par jour.

#### **Recommandation 3**

Monter une méthode de vérification et de minimisation des risques de contamination par l'auget à dépôts secs.

**Recommandation 4**

Étudier les différents spécimens de collecteurs de précipitations présenter dans cet essai et s'en inspirer pour l'amélioration des collecteurs québécois.

**Recommandation 5**

Créer un site Internet dédié exclusivement au PSQP qui informerait en détail sur les activités et le fonctionnement du réseau.

**Recommandation 6**

Rendre disponible, sur le site Internet, la totalité des documents et publications (manuel d'installation et de procédure, plan d'assurance de la qualité, rapports de recherche, etc.) en lien avec le PSQP.

### **3 EFFETS PROBABLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS AU QUÉBEC**

Maintenant que l'importance d'un réseau de surveillance des précipitations acides au Québec a été mise en évidence, il serait intéressant d'évaluer l'amplitude que le problème pourrait avoir dans un futur proche. Il est vrai que les modifications climatiques que connaît présentement la planète auront nécessairement un rôle dans l'évolution des dépôts acides. Une étude sur la nature de ces changements pourrait être grandement avantageuse à connaître pour assurer la continuelle adaptation et efficacité du réseau de surveillance québécois. En fait, deux questions s'imposent ici :

- 1) Le changement de la quantité des précipitations mène-t-il nécessairement à la variation des dépôts acides au sol et engendre-t-il, par le fait même, la modification des concentrations ioniques acidifiantes présentes dans les précipitations?
- 2) Le changement dans les moyennes de température aura-t-il une influence sur la concentration des ions acidifiants présents dans les précipitations?

La prochaine section tentera de répondre à ces deux questions en analysant certaines données de chimie des précipitations spécifiques recueillies en territoire québécois. Suite à l'analyse de ces données, il sera possible d'avoir un aperçu des effets potentiels que pourraient avoir les changements climatiques sur les dépôts acides au Québec. La deuxième partie de ce chapitre lancera quelques idées d'adaptation et d'amélioration du PSQP en fonction des résultats obtenus à la section 3.1, ceci toujours afin d'assurer son efficacité et sa fiabilité.

#### **3.1 Étude sur la variation de la concentration des ions acidifiants dans les précipitations en fonction de la météorologie**

Afin d'évaluer les conséquences potentielles des changements climatiques sur les précipitations au Québec, une étude de données de précipitations spécifiques a été

effectuée. En fait, dans le but de pouvoir observer une variation au niveau de la concentration des polluants acidifiants dans les précipitations, il a fallu utiliser des données récoltées à l'événement, c'est-à-dire directement après un événement de précipitations. Ce type de données était disponible pour la station expérimentale du bassin versant du Lac Clair, dans la Forêt Duchesnay, compté de Portneuf. Voici un résumé de la méthodologie suivie et des résultats obtenus.

### **3.1.1 Données utilisées**

Les mesures de dépôts atmosphériques humides de la station du Lac Clair, effectuées entre 1989 et 1992 (trois ans), ont été analysées. Comme exprimé plus tôt, ces concentrations ont été récoltées de façon événementielle et ce, le plus souvent possible pendant ces trois années. Seules les concentrations en  $\text{SO}_4$  et en  $\text{NO}_3$  ont été étudiées pour les fins de cette étude. Les dépôts humides ont été récupérés à l'aide d'un collecteur de précipitation DMA (voir section 2.1.1) du PSQP. (Ouimet, 2011)

Au total, 205 récoltes ont été effectuées à intervalles variant entre 2 et 23 jours au cours des trois années de collecte (médiane de 7 jours). De ces échantillons, 159 ont pu être analysés au Laboratoire de chimie organique et inorganique de la Direction de la recherche forestière du MNRF. Jumelées à ces échantillons, les données météorologiques journalières validées de la station climatique voisine ont pu être étudiées par la même occasion. (*Ibid.*)

### **3.1.2 Analyse de laboratoire et statistiques**

Les concentrations en  $\text{NO}_3$  et  $\text{SO}_4$  des 159 échantillons retenus ont été mesurées par chromatographie ionique.

L'influence météorologique sur ces concentrations a été déterminée comme suit :

- 14 indices climatiques ont d'abord été calculés pour l'intervalle de temps précédent un échantillonnage. Ces indices sont listés au tableau 3.1;

- L'analyse statistique a ensuite été réalisée pour déterminer la relation possible entre les différents indices du climat élaborés et les concentrations de SO<sub>4</sub> et de NO<sub>3</sub> correspondantes;
- Cette analyse statistique a été accomplie à l'aide du «*package nlme*» du progiciel R (Pinheiro, 2010). Elle consiste en l'application de modèles de régressions généralisées linéaires liant les variables indépendantes (concentration en SO<sub>4</sub> et NO<sub>3</sub>) aux variables dépendantes (indices climatiques). L'hétérogénéité de la variance a été corrigée en modélisant la variance des variables dépendantes. Finalement, une fois les prémisses d'homogénéité de la variance et de normalité des résidus validées, les variables dépendantes non significatives ont été retirées de l'analyse une à une. Les résultats d'analyses de variance peuvent être trouvés au tableau 3.2. (Ouimet, 2011)

Tableau 3. 1 Descriptions des indices climatiques dérivés de la base de données météorologiques de la forêt expérimentale de Duchesnay, Québec (tiré de Ouimet, 2011)

| Indice          | Description                                                                        | Unité |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>NBJ</b>      | Nombre de jours entre deux récoltes                                                | jours |
| <b>CDD</b>      | Nombre de jours consécutifs sans précipitation entre deux récoltes (préc. < 1 mm)  | jours |
| <b>CWD</b>      | Nombre de jours consécutifs avec précipitations entre deux récoltes (préc. ≥ 1 mm) | jours |
| <b>PCJPREC</b>  | Pourcentage de jours avec précipitations entre deux récoltes (préc. ≥ 1 mm)        | %     |
| <b>NJPREC</b>   | Nombre de jours avec précipitations entre deux récoltes (préc. ≥ 1 mm)             | jours |
| <b>NJSPREC</b>  | Nombre de jours sans précipitations entre deux récoltes (préc. < 1 mm)             | jours |
| <b>CDDmm</b>    | Quantité de précipitations (équivalent en eau, mm) entre deux récoltes             | mm    |
| <b>MAX.PREC</b> | Quantité maximale journalière de précipitations entre deux récoltes                | mm    |
| <b>TMAX</b>     | Température maximale journalière la plus haute atteinte entre deux récoltes        | °C    |
| <b>WSD</b>      | Nombre de jours très chauds (où la température maximale                            | jours |

|             |                                                                                                                                 |       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|             | journalière > 90 <sup>e</sup> percentile = 23 °C) entre deux récoltes                                                           |       |
| <b>TN90</b> | Nombre de nuits chaudes (où la température minimale journalière > 90 <sup>e</sup> percentile = 14 °C) entre deux récoltes       | jours |
| <b>TMIN</b> | Température minimale journalière la plus basse atteinte entre deux récoltes                                                     | °C    |
| <b>CSD</b>  | Nombre de nuits très froides (où la température minimale journalière < 10 <sup>e</sup> percentile = -19 °C) entre deux récoltes | °C    |
| <b>TX10</b> | Nombre de jours froids (où la température maximale journalière < 10 <sup>e</sup> percentile = -8.6 °C) entre deux récoltes      | °C    |

---

### 3.1.3 Résultats et discussion

L'analyse des données de la station au Lac Clair a permis d'obtenir des résultats intéressants. En premier lieu, la figure 3.1 présente l'étendue de chacun des indices climatiques pour la période 1989-1992. (Ouimet, 2011)

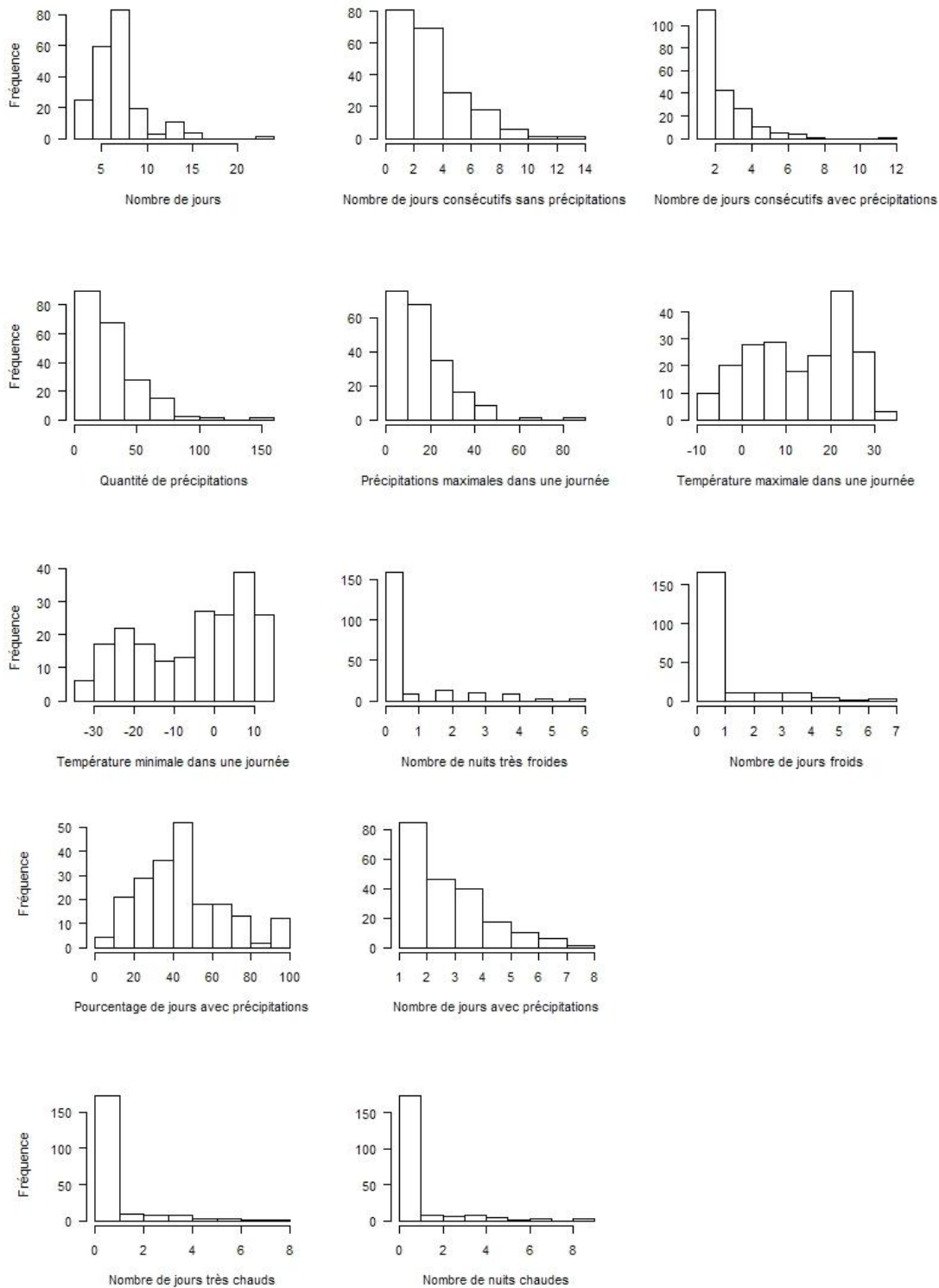


Figure 3. 1 Étendue des indices climatiques dans l'intervalle entre deux récoltes des dépôts atmosphériques.  
La description des indices se trouve au tableau 3.1 (tiré de Ouimet, 2011)

### Variation de concentration en SO<sub>4</sub>

La variation de la concentration des ions SO<sub>4</sub> dans les précipitations en fonction des différents indices climatiques est illustrée à la figure 3.2. Pour cette analyse, le modèle de régression final est le suivant:

$$[SO_4]_{ijk} = 1.935 - 0.265(WSD_j) - 0.130(CDD_k) - 0.027(CDDmm_{ijk}) + 0.071(TMAX_{ijk}) + 0.157(NJSPREC_{ijk}) + erreur_{ijk}$$

L'erreur résiduelle du modèle est de 1,47 mg SO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>.

L'analyse effectuée permet d'observer des variations significatives dans les concentrations de SO<sub>4</sub> lorsqu'elles sont comparées à 5 des 14 indices climatiques soit, le nombre de jours très chauds (WSD), le nombre de jours consécutifs sans précipitations (CDD), la quantité de précipitations (CDDmm), la température maximale journalière (TMAX) et le nombre de jours sans précipitation (NJSPREC). La valeur quantitative de ces variations est présentée au tableau 3.2. En outre, le signe des coefficients de régression indique globalement que plus le climat se réchauffe ou moins les précipitations sont grandes, plus les concentrations de SO<sub>4</sub> seront élevées dans les dépôts atmosphériques humides (figure 3.2).

Tableau 3. 2 Analyse de variance des régressions entre les concentrations de SO<sub>4</sub> et de NO<sub>3</sub> et les indices climatiques (tiré de Ouimet, 2011)

| Paramètre             | Estimé | Erreur-type | Valeur de t | P(t) ≠ 0 |
|-----------------------|--------|-------------|-------------|----------|
| <b>SO<sub>4</sub></b> |        |             |             |          |
| Intercept             | 1.935  | 0.287       | 6.75        | < 0.001  |
| WSD                   | -0.265 | 0.064       | -4.13       | < 0.001  |
| CDD                   | -0.130 | 0.027       | -4.87       | < 0.001  |
| CDDmm                 | -0.027 | 0.004       | -7.41       | < 0.001  |
| TMAX                  | 0.071  | 0.013       | 5.67        | < 0.001  |
| NJSPREC               | 0.157  | 0.046       | 3.41        | < 0.001  |
| <b>NO<sub>3</sub></b> |        |             |             |          |
| Intercept             | 3.052  | 0.218       | 14.03       | < 0.001  |
| CDD                   | -0.086 | 0.029       | -2.94       | 0.004    |
| MAX.PREC              | -0.033 | 0.006       | -5.63       | < 0.001  |
| TMIN                  | -0.043 | 0.007       | -6.58       | < 0.001  |
| NJPREC                | -0.136 | 0.040       | -3.37       | < 0.001  |

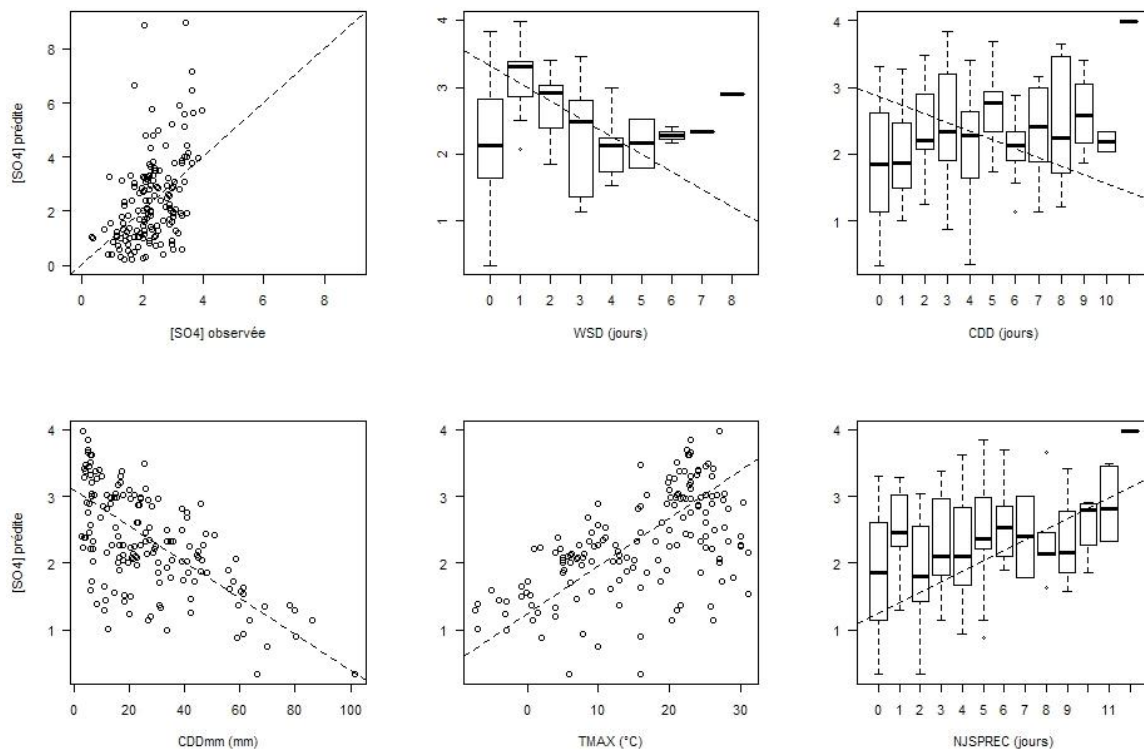


Figure 3. 2 Valeurs prédites des concentrations de  $\text{SO}_4$  selon le modèle de régression en fonction de 1) valeurs observées, 2) WSD, 3) CDD, 4) CDDmm, 5) TMAX et 6) NJSPREC. Les lignes pointillées représentent les tendances linéaires détectées lors de l'analyse de régression pour chacun des paramètres significatifs (tiré de Ouimet, 2011)

### Variation de la concentration de $\text{NO}_3$

Pour l'analyse de la concentration de  $\text{NO}_3$  dans les précipitations, le modèle de régression final est, quant à lui :

$$[\text{NO}_3]_{ij} = 3.052 - 0.086(\text{CDD}_{ij}) - 0.033(\text{MAX.PREC}_{ij}) - 0.043(\text{TMIN}_{ij}) - 0.136(\text{NJSPREC}_j) + \text{erreur}_{ij}$$

Le modèle possède une erreur résiduelle de  $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ .

La concentration de  $\text{NO}_3$  semble être influencée quelque peu différemment de la concentration de  $\text{SO}_4$  par les paramètres météorologiques. En fait, l'analyse indique que le nombre de jours consécutifs sans précipitations (CDD), la quantité maximale journalière de précipitations (MAX.PREC), la température minimale journalière (TMIN) ainsi que le

nombre de jours avec précipitations (NJPREC) sont les variables parmi la liste des 14 indices climatiques qui expliquent le plus les concentrations de  $\text{NO}_3$  dans les dépôts humides. Les résultats quantitatifs de cette analyse sont présentés au tableau 3.2 et illustrés à la figure 3.3.

En outre, le signe des coefficients de régression indique que, globalement, les périodes où la température minimale est très basse, ainsi que les périodes sans précipitation (ou sans précipitations importantes) accroissent les concentrations en  $\text{NO}_3$  dans les dépôts humides.

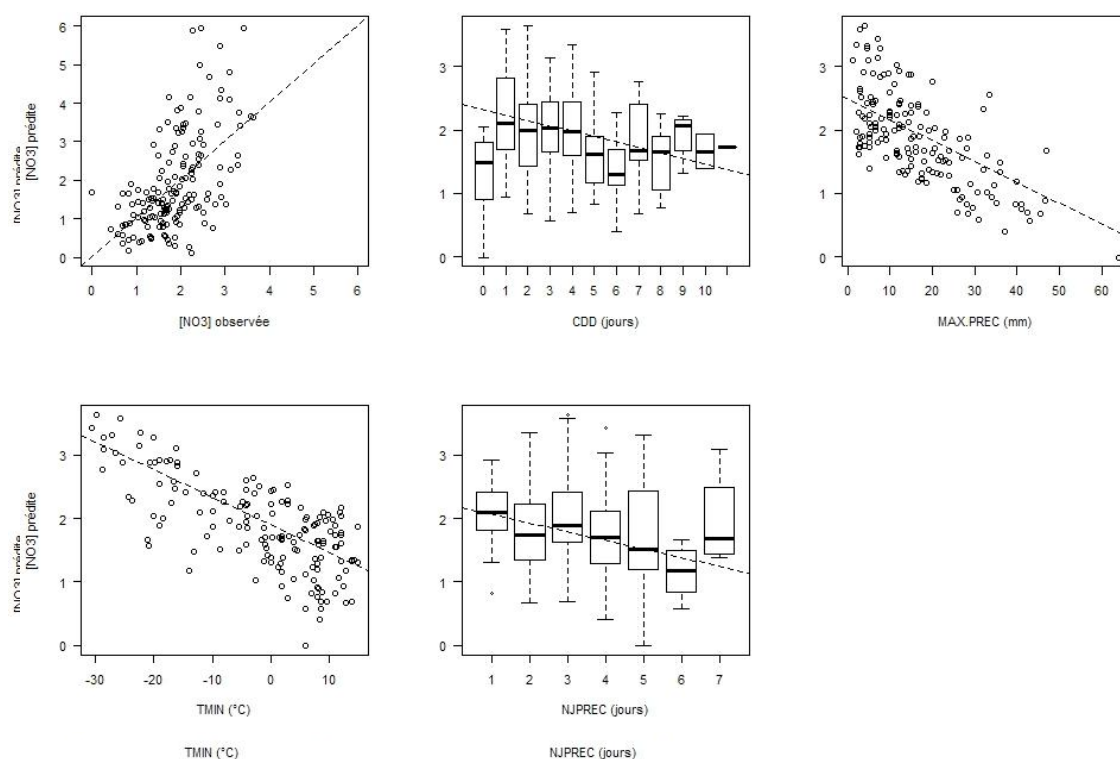


Figure 3. 3 Valeurs prédites des concentrations de  $\text{NO}_3$  selon le modèle de régression en fonction 1) des valeurs observées, 2) CDD, 3) MAX.PREC, 4) TMIN et 5) NJPREC. Les lignes pointillées représentent les tendances linéaires détectées lors de l'analyse de régression pour chacun des paramètres significatifs. (tiré de Ouimet, 2011)

### **3.2 Comparaison des résultats de l'étude avec les changements climatiques prévus pour le territoire québécois**

L'étude des données de précipitations de la station au Lac Clair suggère l'influence marquée que peut avoir la météorologie sur les concentrations de polluants acidifiants dans les précipitations. Ainsi, il est justifiable de penser qu'un potentiel changement dans la dynamique du climat québécois aura un effet direct sur la qualité de ses précipitations.

#### **3.2.1 Effets d'un changement de précipitation sur les concentrations des polluants acidifiants**

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les précipitations annuelles de l'Amérique du Nord (excepté pour le sud-ouest des États-Unis) présentent actuellement une tendance à la hausse. En fait, l'organisme prévoit une augmentation du régime des précipitations annuelles de plus de 20 % sur le territoire canadien (Parry *et al.*, 2007). Dans le même ordre d'idées, l'organisme québécois à but non lucratif Ouranos a procédé à la modélisation des variations climatiques potentielles que pourrait connaître la province québécoise dans un futur proche. Cette modélisation suggère, pour la période de 1900 à 2100, une hausse du régime des précipitations tombant sur le Québec pour les mois de janvier, février, mars, avril, novembre et décembre (Ouranos, 2008). Plus précisément, il estime que le sud de ce territoire recevrait de 10 à 20 % plus de précipitations, d'ici 2100, pour les mois de janvier à avril. D'un autre côté, la modélisation laisse croire aussi que, pour la même période, les mois de novembre et décembre amèneront, quant à eux, de 10 à 15 % plus de précipitations (*ibid.*).

Comme il a été détaillé à la section précédente, les concentrations de SO<sub>4</sub> et de NO<sub>3</sub> sont grandement influencées par la quantité de précipitations tombant au sol. L'analyse indique que moins il y a de précipitations, plus les concentrations de SO<sub>4</sub> et de NO<sub>3</sub> sont élevées. Il est ainsi possible de conclure, en tenant compte exclusivement de ces facteurs météorologiques, que l'augmentation prévue des précipitations sur le territoire québécois pourrait mener directement à la diminution des concentrations de polluants acidifiants à

l'intérieur de celles-ci. Cela peut sembler une bonne nouvelle de prime abord. Cependant, il ne faut pas oublier que la quantité de polluants atmosphériques est loin d'être influencée par seulement des paramètres météorologiques. Elle sera aussi inévitablement dépendante du niveau d'activité de ses nombreuses sources anthropiques (ex. : usines à charbon) et naturelles (ex. : feux de forêt).

### 3.2.2 Effets d'un changement de température sur les concentrations des polluants acidifiants

Évidemment, le GIEC ne prévoit pas seulement une variation des précipitations annuelles mondiales. En fait, le groupe prédit aussi une modification des températures moyennes qui seront observées. D'après celui-ci, les températures moyennes présentes aujourd'hui sur le Québec subiraient une augmentation d'entre 4 et 5,5 °C d'ici 2100 (voir figure 3.4) (IPCC, 2007).

Cette hausse des températures aura inévitablement un impact sur la qualité des précipitations québécoises. En effet, l'analyse effectuée à la section 3.1 démontre l'influence significative de la température sur les concentrations de  $\text{SO}_4$  et de  $\text{NO}_3$  dans les précipitations. En fait, les résultats obtenus suggèrent que la présence de températures plus

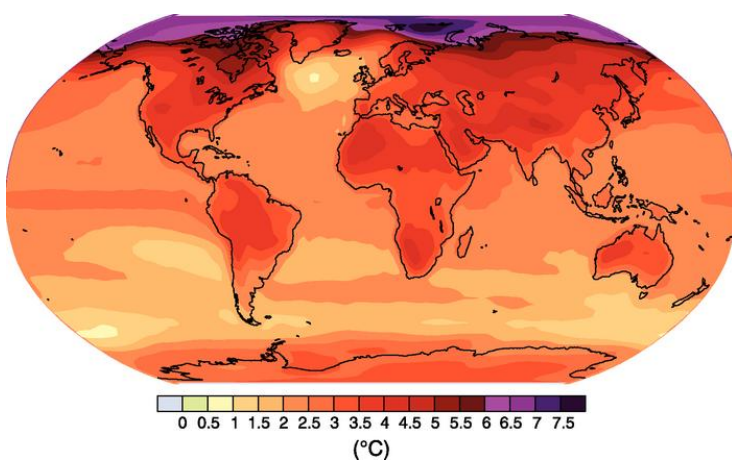


Figure 3. 4 Changements des températures de surface projetées pour la fin du 21e siècle (2090-2099) relatifs à la période 1980-1999. (tiré de IPCC, 2007)

élevées est associée à l'augmentation de la concentration de  $\text{SO}_4$  dans les dépôts atmosphériques humides. À l'opposé, les périodes avec des températures minimales très basses sont associées à l'accroissement des concentrations de  $\text{NO}_3$  dans les échantillons.

En se fiant seulement sur les conclusions de l'influence des températures en 3.1 et en les comparants aux prédictions du GIEC, il est probable que l'augmentation des températures

moyennes sur le Québec entraîne une hausse des concentrations de  $\text{SO}_4$  dans les précipitations, mais une baisse des concentrations de  $\text{NO}_3$ .

### **3.3 Conséquences de ces variations de la qualité des précipitations sur le PSQP**

D'après les résultats de l'étude des données de précipitation recueillies à la station du Lac Clair, à la forêt Duchesnay, il y aurait place à prévoir une réduction générale, pour les prochaines années, de la concentration en polluants atmosphériques se déposant sur le territoire québécois. En effet, l'analyse semble indiquer la dilution des contaminants lorsque les précipitations sont relativement importantes en plus de la diminution de la présence de  $\text{NO}_3$  avec une atmosphère plus chaude. Seule la concentration de  $\text{SO}_4$  dans les précipitations s'avère être directement proportionnelle à la température de l'air.

Or, il est important de souligner que cette étude ne prend en compte que les paramètres atmosphériques mesurés à la station du Lac Clair. La problématique des dépôts acides est un phénomène complexe influencé par une multitude de facteurs environnementaux et anthropiques. Ces facteurs peuvent être, par exemple, le taux d'humidité de l'air, l'implantation de nouvelles usines à charbon aux États-Unis, l'augmentation du parc automobile, l'application de nouvelles politiques gouvernementales et plus encore. Il est ainsi essentiel de rester très prudent devant les résultats obtenus. Les relations exposées ne sont qu'associatives et ne peuvent être qualifiées de cause à effet. L'expérimentation doit d'abord être effectuée avant d'attribuer un tel phénomène de cause à effet. Les résultats sont certes intéressants à connaître, mais ne considèrent cependant qu'une toute petite partie des aspects reliés aux problèmes des précipitations acides.

Malgré tout, l'analyse en question a tout de même permis de confirmer l'hypothèse d'une association indiscutable entre certains paramètres météorologiques et la qualité des précipitations. L'avènement des changements climatiques mondiaux jouera ainsi inévitablement un rôle dans l'évolution des dépôts acides au Québec. Afin d'assurer un suivi adéquat de cette évolution et, de ce fait, offrir un outil de décision, le PSQP demeure une ressource inestimable. En fait, la surveillance de la qualité des précipitations permettra aux autorités gouvernementales de s'adapter en fonction de son évolution. De plus, le

PSQP est un outil de recherche remarquable pour une éventuelle analyse en profondeur de la relation entre les paramètres météorologiques et la concentration des polluants acidifiants dans les précipitations. Cette dernière offrirait l'opportunité de mieux prévoir les variations des dépôts acides et ainsi, permettre de mieux s'y adapter.

## CONCLUSION

La problématique des précipitations acides n'est pas un phénomène nouveau. Depuis le début de l'ère industrielle, d'innombrables manifestations de ce dernier ont pu être observées. Néanmoins, l'éveil de la population face à ce problème environnemental important ne s'est produit qu'il y a une trentaine d'années. Plusieurs impacts néfastes des dépôts acides ont effectivement commencé à être observés de plus en plus fréquemment. Au Québec, on peut compter parmi ces effets l'acidification des lacs du Bouclier canadien et la défoliation de l'*Acer saccharum*, l'érable à sucre québécois. La présence de ces problèmes, directement causés par des précipitations plus acides que la normale, a grandement inquiété la population, la communauté scientifique autant que les autorités gouvernementales. En effet, ces impacts environnementaux ont le potentiel de provoquer d'importantes répercussions économiques par la disparition des espèces aquatiques intolérantes et la dégradation des érables à sucre, éléments indispensables pour l'industrie acéricole.

Suite à ces observations, de nombreuses actions ont été entreprises par les gouvernements fédéral et provincial afin de freiner cette problématique grandissante ou du moins, la restreindre. Plusieurs politiques et normes ont été adoptées autant au Canada qu'aux États-Unis, une des principales sources de pollution acidifiante canadiennes. Par le fait même, un système de surveillance de l'acidité des précipitations a été expressément mis sur pied dans le but de vérifier l'efficacité de ces nouvelles politiques. Aujourd'hui connu sous le nom de Programme de surveillance de la qualité des précipitations (PSQP), un réseau d'échantillonnage a donc été implanté sur le territoire québécois.

Conscient de son potentiel et des besoins en les matières, les coordonnateurs du PSQP visent une amélioration continue du réseau. L'élaboration de cet essai entre parfaitement dans cette vision. Concrètement, ce document avait comme objectif général de contribuer au perfectionnement du PSQP par la présentation d'un portrait sommaire de la qualité des précipitations au Québec, par l'analyse comparative des méthodes d'échantillonnage

utilisées dans différents réseaux de surveillance à travers le monde et finalement, par la caractérisation des impacts probables des changements climatiques sur l'acidité des précipitations québécoises.

Le chapitre un offre d'abord une explication du concept des précipitations acides afin de mieux mettre en contexte le lecteur. Il présente ensuite, à l'aide de carte à l'appui, le statut des dépôts acides en sol québécois. Le chapitre 2, quant à lui, constitue une analyse comparative de différents réseaux mondiaux de surveillance des précipitations qui ont, au préalable, été discutés en détail. Finalement, le chapitre 3 de ce document expose les résultats d'une courte étude, spécialement réalisée dans le cadre de cet essai, portant sur l'influence des paramètres météorologiques sur les concentrations de polluants acidifiants dans les précipitations. Cette analyse a ultimement permis, lorsque jumelée aux prédictions des variations du climat québécois dans les prochaines années, de donner une idée de l'impact que pourraient avoir les changements climatiques sur la qualité des précipitations au Québec.

En outre, ce document rassemble de nombreuses informations qui pourraient s'avérer pertinentes et utiles en vue d'un perfectionnement continu du PSQP. En effet, en plus d'offrir plusieurs recommandations, cet essai propose une vue d'ensemble de la problématique des précipitations acides et des méthodes d'échantillonnage utilisées à travers le monde dans le contexte de changements climatiques que connaît actuellement le Québec.

## RÉFÉRENCES

- ACAP (2010). Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). *Site web de l'EANET*, édité par l'Asia Center for Air Pollution Research (ACAP), [En ligne]. <http://www.eanet.cc/> (Page consultée le 15 avril 2011).
- Boulet, G. et Jacques, G. (1993). *Programme d'échantillonnage des précipitations du Québec : Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1991*. Direction des réseaux atmosphériques, Ministère de l'Environnement du Québec, 101 pages.
- Dupont, J. (2004). *La problématique des lacs acides au Québec*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, 18 p.
- EANET (2005). *Goals, Achievements and Way Forward – Report for Policy Makers on Acid Deposition Network in East Asia (EANET)*. Édité par l'EANET et l'United Nation Environment Programme (UNEP), 24 pages.
- EANET (2000). *Technical Manual for Wet Deposition Monitoring in East Asia*. Adopté à The Second Interim Scientific Advisory Group Meeting, Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, 74 pages.
- EMEP (2010). What is EMEP? *In Home, Site web du European Monitoring and Evaluation Programme*, [En ligne]. <http://www.emep.int/> (Page consultée le 18 avril 2011).
- Environnement Canada (2010a). Le dioxyde d'azote, dont la formule moléculaire est NO<sub>2</sub>. *In Environnement Canada, Polluants et déchets, Site web d'Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/default.asp?lang=Fr&n=81D26E2F-1> (Page consultée le 5 mars 2011).
- Environnement Canada (2010b). *Accord Canada–États-Unis sur la qualité de l'air : Rapport d'étape 2010*. Priorité émissions atmosphériques, 86p.
- Environnement Canada (2010c). Acid rain history. *In Environnement Canada, Pollution issues, Site web d'Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/air/default.asp?lang=En&n=BE9908B0-1> (Page consultée le 5 mars 2011).
- Environnement Canada (2010d). Activités pour réduire les pluies acides. *In Environnement Canada, Enjeux et Pollution, Site web d'Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/air/default.asp?lang=Fr&n=F5CBD0BB-1> (Page consultée le 5 mars 2011).

- Environnement Canada (2010e). Pluie acides. In Environnement Canada, Pollution de l'eau, *Site web d'Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=FDF30C16-1> (Page consultée le 30 février 2011).
- Environnement Canada (2010f). Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA). In Environnement Canada, Réseaux de surveillance, Air, *Site web d'Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/rs-mn/default.asp?lang=Fr&n=752CE271-1> (Page consultée le 10 avril 2011).
- Environnement Canada (2005). Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Environnement Canada, 440 p.
- Environnement Québec (2003). Qualité des eaux de surface au Québec : État actuel. In L'acidité des eaux de surface (1999), *Site web du Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs*, [En ligne]. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs42198> (Page consultée le 10 mars 2011).
- EPA (2011a). Acid Rain in New England – A Brief History. In United State Environmental Protection Agency, *Site web de EPA New England*, [En ligne]. <http://www.epa.gov/NE/eco/acidrain/history.html> (Page consultée le 28 février 2011).
- EPA (2011b). Acid Rain in New England – Causes of Acid Rain. In United State Environmental Protection Agency, *Site web de EPA New England*, [En ligne]. <http://www.epa.gov/NE/eco/acidrain/causes.html> (Page consultée le 28 février 2011).
- Ferguson, H. L. and Jeffries, D. S. (2011). Pluie acides. In l'Encyclopédie canadienne, Environnement, *Site web de l'Encyclopédie canadienne*, [En ligne]. <http://www.thecanadianencyclopedia.com/index.cfm?PgNm=TCE&Params=f1ARTf0000025> (Page consultée le 5 mars 2011).
- Geddes, N. (2011). Acid rain in Saskatchewan coming from Alberta's oilsands. *CJME News*, [En ligne]. <http://nextyearcountrynews.blogspot.com/2011/01/acid-rain-in-saskatchewan-coming-from.html> (Page consultée le 10 mars 2011).
- Hendershot, W. H. and Jones, A. R. C. (1989). Maple Decline in Quebec: A Discussion of Possible Causes and the Use of Fertilizers to Limit Damage. *The Forestry Chronicle*, août 1989, p.280-287.
- Holt, Rinehart and Winston (s.d). ST9 Acid Rain. In Social Studies, *Site web de Holt, Rinehart and Winston*, [En ligne]. [http://go.hrw.com/hrw.nd/gohrw\\_rls1/pKeywordResults?keyword=st9%20acid%20rain](http://go.hrw.com/hrw.nd/gohrw_rls1/pKeywordResults?keyword=st9%20acid%20rain) (Page consultée le 10 mars 2011).
- Hydro-Québec (2011). Principaux sites de production d'électricité dans le nord-est de l'Amérique du Nord, *Site web d'Hydro-Québec*, [En ligne]. <http://www.hydroquebec.com/fr/> (Page consultée le 16 février 2011)

- IPCC (2007). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Édité par Pachauri, R.K. et Reisinger, A., Geneva, Switzerland, 104 pages.
- Jenner, M. (1995). The Politics of London Air John Evelyn's *Fumifugium* and the Restoration. *The Historical Journal*, vol. 38, n°3, p. 535-551.
- MDDEP (2010). Surveillance de la qualité des précipitations. In *Air, Site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/climat/qualite-precipitation/index.htm#historique> (Page consultée le 15 mars 2011).
- NADP (2011). *National Atmospheric Deposition Program*. Site officiel du réseau NADP/NTN, [En ligne]. <http://nadp.sws.uiuc.edu/> (Page consultée le 3 mars 2011).
- NADP (1999). *National trends network site operation manual*. Illinois, édité par Scotty R. Dossett et Van C. Bowersox, 99 pages.
- N-CON System Company, Inc. (2010). *ADS/NTN Atmospheric Deposition Sampler – Wet only deposition collector, Model 00-120-2: Product Overview*. N-CON System Company, Inc., 3 pages.
- NILU (2001). *EMEP manual for sampling and chemical analysis*. Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe, Norwegian Institute for Air Research (NILU), Norway, 303 pages.
- Nixon, A. (2002). *Les pluies acides : un aperçu de la question*. Bibliothèque du parlement, Direction de la recherche parlementaire, 30 p., [En ligne]. <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection-R/LoPBdP/PRB-f/PRB0261-f.pdf> (Page consultée le 5 mars 2011).
- Nixon, A. and Curran, T. (1998). *Les pluies acides*. Division des sciences et de la technologie, Gouvernement du Canada, [En ligne]. <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection-R/LoPBdP/CIR/7937-f.htm> (Page consultée le 10 février 2011).
- NPS (2005). *Wet Deposition Monitoring Protocol: Monitoring Atmospheric Pollutants in Wet Deposition*. Research and Monitoring Branch, Air Resources Division, National Park Service (NPS), U. S. Department of the Interior, Colorado, 26 pages.
- Olivier, M. (2009). *Chimie de l'environnement*. 6<sup>e</sup> édition, Lévis, Les productions Jacques Bernier, 370 p.
- Ouimet, R. (2011). Étude de l'influence des changements climatiques sur la qualité des précipitations. *Communication personnelle avec Rock Ouimet, Chercheur en pédologie*

*et nutrition des forêts*, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 30 mars 2011.

- Ouimet, R. et Duchesne, L. (2009). Dépôts atmosphériques dans les forêts au Québec – Retombées actuelles et tendances au cours des 20 à 30 dernières années. *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, n°1, p.56-64.
- Ouranos (2008). *Approvisionnement en eau potable et santé publique : projections climatiques en matière de précipitations et d'écoulements pour le sud du Québec*. Rapport de recherche No R-997, [En ligne].  
[http://www.ouranos.ca/media/publication/35\\_Rapport\\_Mailhot\\_sante\\_2008.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/35_Rapport_Mailhot_sante_2008.pdf) (Page consultée le 26 avril 2011).
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J. P., Van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - Technical Summary*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.23-78.
- Pinheiro, J. C. (2010). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3, Development Core Team, p.1-97.
- VMC (s.d.). Aerochem wet/dry precipitation collector. In Air Quality Site at the Proctor Maple Research Center in Underhill, Vermont, *Site du Vermont Monitoring Cooperative (VMC)*, University of Vermont ,[En ligne].  
<http://www.uvm.edu/~cwaite/metstations/> (Page consultée le 27 avril 2011).
- Wetherbee, G. A., Shaw, M. J., Latysh, N. E., Lehmann, C. M. B. and Rothert, J. E. (2010). Comparison of precipitation chemistry measurements obtained by the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network and National Atmospheric Deposition Program for the period 1995–2004, *Environmental Monitoring Assessment*, vol. 164, p. 111-132.
- World Coal Institute (2006). *Le charbon comme ressource : Une vue d'ensemble du charbon*. Royaume-Uni, World Coal Institute, 48 p.
- WMO (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. 7<sup>e</sup> Édition, WMO-No. 8, World Meteorological Organization, 681 pages.
- WMO (2004). *Manual for the GAW Precipitation Chemistry Programme: Guidelines, Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures*. Global Atmosphere Watch, World Meteorological Organization, 182 pages.
- WMO (1971). *Guide to meteorological instrument and observing practices*. Geneva, World Meteorological Organization (WMO No. 8 TP 3).

**ANNEXE 1 – PRINCIPAUX SITES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS  
LE NORD-EST DE L'AMÉRIQUE DU NORD**

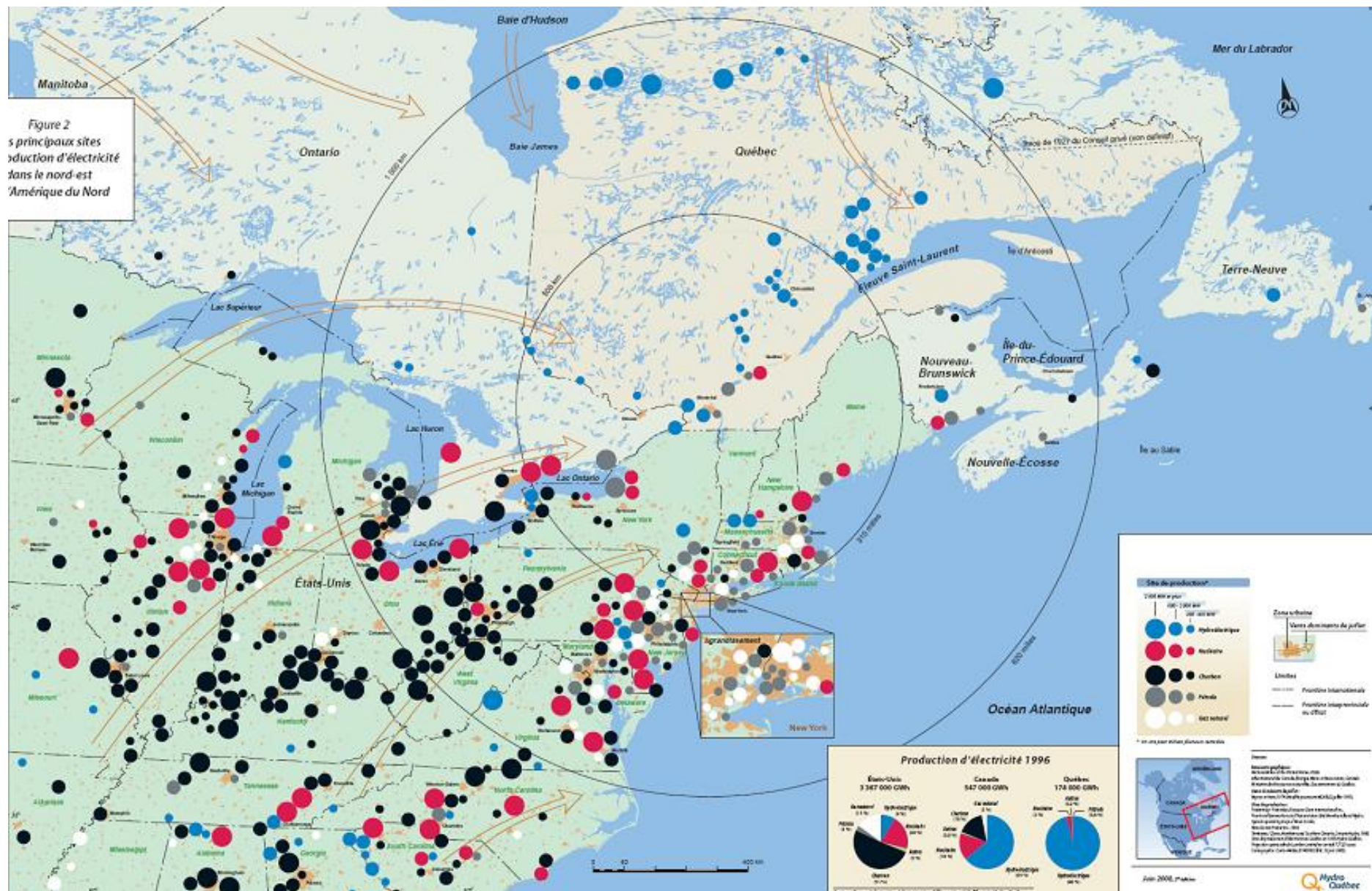


Figure A1.1 Principaux sites de production d'électricité dans le nord-est de l'Amérique du Nord (tiré d'Hydro-Québec, 2011)

**ANNEXE 2 – BORDEREAU D'ÉCHANTILLONNAGE DES PRÉCIPITATIONS DU  
PSQP**

| Identification de la station                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | Type de précipitations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | Date de réception                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Numéro de laboratoire |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Sac posé le</p> <p>Jour : _____</p> <p>Date : _____</p> <p>Heure : _____</p> <p>Mois : _____</p> <p>Année : _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | <p>Pluie</p> <p>Neige</p> <p>Mixte</p> <p>Nulle</p> <p>Non mesurée</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <p>Sac enlevé le</p> <p>Jour : _____</p> <p>Date : _____</p> <p>Heure : _____</p> <p>Mois : _____</p> <p>Année : _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  | <p>Précipitations totales pour la période</p> <p>Pluie : _____ mm</p> <p>Neige : _____ cm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  | <p>Bouteille à l'expédition : _____</p> <p>Vide : 00</p> <p>Pleine : 10</p> <p>Volume excédentaire : _____ ml</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <p>1 Il s'agit d'un prélèvement régulier</p> <p>Vrai Faux Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Type d'échantillonnage</p> <p>01- Échantillon perdu (renversé)</p> <p>02- Oublié sur plus d'une semaine</p> <p>03- Contrôle de qualité (sec)</p> <p>04- Contrôle de qualité (humide)</p> <p>05- Échantillon prélevé par un remplaçant</p> <p>06- Observateur absent</p> <p>07- Pas de prélèvement</p> <p>08- Autres - (spécifier)</p>                                                                                                     |  | <p>2 Mesure normale du volume excédentaire</p> <p>Vrai Faux Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Volume excédentaire</p> <p>40- Perdu complètement</p> <p>41- Perdu en partie</p> <p>42- Non mesuré - (spécifier)</p> <p>43- Cylindre gradué endommagé</p> <p>44- Autres - (spécifier)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | <p>3 Contenu du sac propre et clair</p> <p>Vrai Faux Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Qualité des précipitations</p> <p>10- Brouillées ou colorées</p> <p>11- Particules présentes</p> <p>12- Feuilles, brins d'herbe, gazon ou pollen présents</p> <p>13- Insectes présents</p> <p>14- Fientes d'oiseaux présentes</p> <p>15- Poussières, terre, sable ou gravier présents</p> <p>16- Cendres ou suie présentes</p> <p>17- Glace ou neige présente</p> <p>18- Autres - (spécifier)</p> |                       | <p>4 Le collecteur a bien fonctionné</p> <p>Vrai Faux Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Fonctionnement du collecteur</p> <p>20- Récipient toujours ouvert</p> <p>21- Ouvert pour une partie seulement des précipitations</p> <p>22- Récipient toujours fermé</p> <p>23- Opéré manuellement</p> <p>24- Couverture ne ferme pas de façon adéquate</p> <p>25- Fonctionnement irrégulier (spécifier)</p> <p>26- Joint d'étanchéité endommagé</p> <p>27- Autres - (spécifier)</p>                                                                                            |  |
| <p>5 Problème(s) avec le sac de collecte</p> <p>Non Oui Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Sac de collecte</p> <p>30- Continuellement exposé à l'air libre</p> <p>31- Ne contient pas toute la précipitation</p> <p>32- Désoché ou affaissé dans l'auge de collecte</p> <p>33- Percé ou déchiré avant ou pendant le prélèvement</p> <p>34- Contaminé accidentellement (spécifier)</p> <p>35- Échantillon recueilli dans l'auge suite à un bise du sac de collecte</p> <p>36- Aspirateur défectueux</p> <p>37- Autres - (spécifier)</p> |  | <p>6 Événement(s) inhabituel(s)</p> <p>Non Oui Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Faite ou activités inhabituelles</p> <p>50- Poussières dans l'air en quantité anormale</p> <p>51- Labours, coupes, récoltes, épandages de fumier ou d'engrais, pulvérisation de pesticides</p> <p>52- Odeurs, fumée ou cendres détectées à la station</p> <p>53- Dépôts inhabituels aux alentours</p> <p>54- Construction à la station</p> <p>55- Poudrerie collectée en absence de précipitation</p> <p>56- Déclatement de la neige (soufflage de neige)</p> <p>57- Autres - (spécifier)</p> |  | <p>7 Note(s) du technicien</p> <p>Non Oui Code Code Code</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>À l'usage du technicien</p> <p>60- Instrument réparé</p> <p>61- Instrument changé</p> <p>62- Instrument modifié</p> <p>63- Travaux sur instrument</p> <p>64- Nouvelle procédure</p> <p>65- Nouvel opérateur</p> <p>66- Station démontagée</p> <p>67- Contamination possible</p> <p>68- Échantillon rejeté en partie</p> <p>69- Autres - (spécifier)</p> <p>Date du rapport : _____</p>                       |                       | <p>8 Note(s) du laboratoire</p> <p>Non Oui Code Code Code Volume</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____</p> <p>À l'usage du laboratoire</p> <p>70- Pas de bouteille</p> <p>71- Bouteille vide</p> <p>72- Volume insuffisant pour analyse</p> <p>73- Échantillon filtré</p> <p>74- Échantillon brouillé ou coloré</p> <p>75- Échantillon analysé en partie</p> <p>76- Échantillon perdu ou renversé en laboratoire</p> <p>77- Présence de pollen</p> <p>78- Dilution de l'échantillon</p> <p>79- Équilibre ionique impossible</p> <p>70- Contamination évidente</p> <p>71- Autres - (spécifier)</p> |  |
| <p>Remarques</p> <p>_____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |

Figure A2.1 Bordereau d'échantillonnage des précipitations du PSQP (tiré de MDDEP, 2010)

**ANNEXE 3 – POINTS PERTINENTS DU *NADP SITE SELECTION AND  
INSTALLATION MANUAL***

Tableau A3.1 Critères de sélection d'un site pour l'installation d'une station NADP (tiré de NADP, 2009)

| Parameter                                                                                                  | Network     | Minimum Distance from Collector |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Access Road ( $\leq 10$ vehicles/day, $\leq 10$ mph, on average)                                           | All         | 10 m                            |
| Unpaved Roads ( $> 10$ vehicles/day, $\leq 50$ km/hr, on average)                                          | All         | 100 m                           |
| Paved Roads ( $> 100$ vehicles/day, on average)                                                            | All         | 100 m                           |
| Highways ( $> 4$ lanes, $> 100$ vehicles/hr, on average)                                                   | All         | 500 m                           |
| Interstates                                                                                                | All         | 1 km                            |
| Waterways (100 powered vehicles/day, on average)                                                           | All         | 100 m                           |
| Harbors and Marinas                                                                                        | All         | 100 m                           |
| Airports (parking area, taxiway, runway)                                                                   | All         | 100 m                           |
| Large Animal Operations ( $> 250$ beef cattle, $> 100$ dairy cattle, $> 350$ pigs, or $> 10,000$ chickens) | NTN, AIRMoN | 500 m                           |
| Stationary Combustion Sources (excluding fireplaces and residential heating)                               | All         | 500 m                           |

\* Minimum distances should be considered relative to the collector, or to the sampling instrumentation.

Tableau A3.2 Critères d'installation des instruments des stations du NADP (tiré de NADP, 2009)

| Parameter                                                                                              | Network | Description                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------|
| Collector orientation                                                                                  | All     | wet side bucket $\pm 45^\circ$ of magnetic west |
| Sensor orientation                                                                                     | All     | to the north                                    |
| Distance between collector and raingage                                                                | All     | $\geq 5$ m, $< 30$ m                            |
| Vertical distance between collector orifice and raingage orifice                                       | All     | $\leq 0.3$ m                                    |
| Vegetation height                                                                                      | All     | $\leq 0.6$ m within 5 m of instrument base      |
| Fertilizer usage                                                                                       | All     | $> 20$ m from collector                         |
| Cultivated agricultural fields                                                                         | All     | $> 20$ m from collector                         |
| Pasture land                                                                                           | All     | $> 20$ m from collector                         |
| Vertical objects (Includes towers, wires, fences), angle of projection from instrumentation            | All     | $\leq 45^\circ$ from top of instrument          |
| Trees, angle of projection from instrumentation                                                        | All     | $\leq 45^\circ$ from top of instrument          |
| Buildings, angle of projection from instrumentation                                                    | All     | $\leq 30^\circ$ from top of instrument          |
| Objects, $> 1$ m tall, $> 5$ cm in width or depth                                                      | All     | $\geq 5$ m from instrument                      |
| $> 20\%$ annual precipitation is frozen                                                                | All     | wind shield present on raingage                 |
| Wind shield, pivot axis                                                                                | All     | same height as raingage orifice                 |
| Rooftop installation                                                                                   | All     | urban sites only                                |
| Rooftop installation, equipment separation from potential emission sources (sewer vents, HVAC systems) | All     | maximize separation                             |
| Rooftop installation, objects, angle of projection                                                     | All     | $\leq 30^\circ$ from top of instrument          |

Tableau A3.3 Caractéristiques de sites fortement suggérées mais non obligatoire d'installation des stations du NADP (tiré de NADP, 2009)

| Parameter                                               | Network | Minimum Distance from Collector |
|---------------------------------------------------------|---------|---------------------------------|
| Electric Utilities ( $\geq 25$ MW)                      | All     | 20km                            |
| Chemical Manufacturing                                  | All     | 20km                            |
| Mining Operations                                       | All     | 20km                            |
| Metal Fabrication                                       | All     | 20km                            |
| Incinerators                                            | All     | 20km                            |
| Mercury emitting sources, $> 10$ kg/year                | MDN     | 20km                            |
| Abattoir                                                | All     | 20km                            |
| Other Industrial Operations                             | All     | 20km                            |
| Parking Lots/Maintenance Areas ( $> 6$ vehicles/day)    | All     | 100m                            |
| Parking Lots/Maintenance Areas ( $\leq 6$ vehicles/day) | All     | 30m                             |
| Storage areas (fertilizer, manure, road salt)           | All     | 100m                            |
| Metal Working (welding)                                 | MDN     | 100m                            |

Tableau A3. 4 Caractéristiques fortement suggérées mais non obligatoires d'installation des instruments aux stations du NADP (tiré de NADP, 2009)

| Parameter                                       | Network                      | Description                                           |
|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Groundcover                                     | All                          | natural/typical within 30 m radius of instrumentation |
| Ground slope                                    | All                          | $\leq 15\%$ within 30 m of instrumentation            |
| Trees, angle of projection from instrumentation | All                          | $\leq 30^\circ$ from top of instrument                |
| Platform                                        | All                          | matches footprint of instrumentation                  |
| Platform, height, snow depth $\leq 0.5$ m/year  | All                          | $\leq 0.6$ m                                          |
| Platform, height, snow depth $> 0.5$ m/year     | All                          | $\leq$ height of maximum anticipated snow depth       |
| Treated wood                                    | MDN (Trace metal sites only) | exposed surface $> 5$ m from collector                |
| Galvanized metal                                | MDN                          | exposed surface $> 5$ m from collector                |
| Snow roof on collector                          | All                          | present year round                                    |
| $> 20\%$ annual precipitation is frozen         | All                          | snow roof on collector                                |
| Site altitude $> 1000$ m                        | All                          | wind shield present on raingage                       |
| Herbicide usage                                 | All                          | $\leq 20$ m from collector, minimal use               |

**ANNEXE 4 - *FIELD OBSERVER REPORT FORM (FORF)* DU NADP**



**NATIONAL ATMOSPHERIC DEPOSITION PROGRAM**  
A Cooperative Research Support Program of the  
State Agricultural Experiment Stations (NRSP-3)  
Federal and State Agencies  
and Private Research Organizations

## NATIONAL TRENDS NETWORK FIELD OBSERVER REPORT FORM (FORF)

Send Completed Form with Each Mailer  
Problems? Call the CAL at 1-800-952-7353, or  
e-mail: sdossett@uiuc.edu, or fax: 217-333-0249

FOR OFFICE USE ONLY

|     |      |    |    |  |  |  |
|-----|------|----|----|--|--|--|
| N   |      |    |    |  |  |  |
|     |      |    |    |  |  |  |
| BAG | LEAK | SP | SL |  |  |  |

| <b>1. SITE</b><br>Name _____ ID _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                | <b>2. OBSERVER</b><br>Print name _____ Initials _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|----------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------|----------------|------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|-----|---|----|---|------|----|--|--|------|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|
| <b>3. BUCKET</b><br>Date: MO DAY YR<br>Time: 0001-2400<br>ON _____<br>OFF _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | <b>4. SITE OPERATIONS</b><br>Check yes or no for all samples. If no for Item 1 or 2, describe in Block 10 and call CAL.<br><table border="1"> <tr> <th>YES</th> <th>NO</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>The <b>sensor heater</b> and <b>motor box</b> operated properly and the <b>event recorder</b> indicates the collector lid opened and closed promptly for each precipitation event.</li> <li>Raingage operated properly during the week.</li> <li>Collector opened and closed at least once during the week, <b>other than for testing</b>.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | YES          | NO            | 2                          | 1 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 | 2     | 1            |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| YES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NO             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| <b>5. SAMPLE CONDITION</b><br>Check yes or no for all samples. Describe all contamination in Block 10, including any not listed here.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                | <table border="1"> <tr> <th>YES</th> <th>NO</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bird droppings</li> <li>Cloudy or discolored</li> </ol> <table border="1"> <tr> <th>YES</th> <th>NO</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>Soot/ash/dirt particles</li> <li>Insects/animal matter</li> </ol> <table border="1"> <tr> <th>YES</th> <th>NO</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leaves/twigs/pollen/plant matter</li> <li>Handling contamination</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 | YES          | NO            | 2                          | 1 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 | YES   | NO           | 2           | 1           | 2            | 1            | YES                        | NO          | 2              | 1                | 2               | 1            |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| YES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NO             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| YES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NO             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| YES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NO             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| <b>6. BUCKET SAMPLE WEIGHT</b><br>Weigh all sample buckets.<br>_____ Bucket + Lid + Sample<br>_____ Bucket + Lid<br>= _____ X 0.00058 inches/gram = _____<br>Sample Weight (grams) Sample Depth (inches)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                | <b>7. PRECIPITATION RECORD</b><br>← Bucket On R - Rain Only (Includes Hail) S - Snow Only M - Mixture U - Unknown Bucket Off →<br><table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">TUES</th> <th colspan="4">WED</th> <th colspan="4">THURS</th> <th colspan="4">FRI</th> <th colspan="4">SAT</th> <th colspan="4">SUN</th> <th colspan="4">MON</th> <th colspan="4">TUES</th> </tr> <tr> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> <th>R</th><th>S</th><th>M</th><th>U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> <td>Z</td><td>T</td><td>MM</td> </tr> </tbody> </table> Z - Zero T - Trace MM - Missing<br>Do these values agree within ± 5% ? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> (If no, reweigh)<br>Total Raingage Depth (inches) _____ |                 | TUES         |               |                            |   | WED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |       |              | THURS       |             |              |              | FRI                        |             |                |                  | SAT             |              |               |              | SUN |   |    |   | MON  |    |  |  | TUES |  |  |  | R | S | M | U | R | S | M | U | R | S | M | U | R | S | M | U | R | S | M | U | R | S | M | U | R | S | M | U |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM | Z | T | MM |
| TUES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 | WED          |               |                            |   | THURS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |       |              | FRI         |             |              |              | SAT                        |             |                |                  | SUN             |              |               |              | MON |   |    |   | TUES |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | S              | M                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | U               | R            | S             | M                          | U | R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | S | M     | U            | R           | S           | M            | U            | R                          | S           | M              | U                | R               | S            | M             | U            | R   | S | M  | U |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| Z                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | T              | MM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Z               | T            | MM            | Z                          | T | MM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Z | T     | MM           | Z           | T           | MM           | Z            | T                          | MM          | Z              | T                | MM              | Z            | T             | MM           | Z   | T | MM | Z | T    | MM |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| <b>8. SAMPLE CHEMISTRY</b><br>Only for buckets with a sample weight of 70 grams or more.<br><table border="1"> <tr> <th>MO</th> <th>DAY</th> <th>YR</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Is the DI water conductance less than 5 µS/cm? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> (If no, call CAL)<br>Standard Certified: 7 5 0<br>Standard Measured: _____<br>Correction Factor: _____<br>Check Sample Measured: _____<br>Check Sample Corrected: _____<br>Precipitation Sample Measured: _____<br>Precipitation Sample Corrected: _____ |                | MO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | DAY             | YR           |               |                            |   | <b>9. SUPPLIES</b><br>Circle if needed, until received.<br><table border="1"> <tr> <td>Vials</td> <td>pH Electrode</td> <td>pH 4 Buffer</td> <td>pH 7 Buffer</td> <td>Check Sample</td> <td>75 µS/cm Std</td> <td>Electrode Filling Solution</td> </tr> <tr> <td>Field Forms</td> <td>Sample Bottles</td> <td>Gloves (S, M, L)</td> <td>Raingage Charts</td> <td>Raingage Ink</td> <td>Dashpot Fluid</td> <td>Lid Seal Pad</td> </tr> </table> |   | Vials | pH Electrode | pH 4 Buffer | pH 7 Buffer | Check Sample | 75 µS/cm Std | Electrode Filling Solution | Field Forms | Sample Bottles | Gloves (S, M, L) | Raingage Charts | Raingage Ink | Dashpot Fluid | Lid Seal Pad |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| MO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DAY            | YR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| Vials                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | pH Electrode   | pH 4 Buffer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | pH 7 Buffer     | Check Sample | 75 µS/cm Std  | Electrode Filling Solution |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| Field Forms                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sample Bottles | Gloves (S, M, L)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Raingage Charts | Raingage Ink | Dashpot Fluid | Lid Seal Pad               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |
| <b>10. REMARKS</b> For example: equipment malfunction, contamination, farming, burning, logging, leakage before weighing, etc.<br><br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |               |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |       |              |             |             |              |              |                            |             |                |                  |                 |              |               |              |     |   |    |   |      |    |  |  |      |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |

Figure A4.1 Field Observer Report Form (FORF) du NADP (tiré de NADP, 1999)

**ANNEXE 5 – CRITÈRES DE L’OMM SUR L’IMPLANTATION D’UN RÉSEAU  
DE SURVEILLANCE DES PRÉCIPITATIONS ACIDES**

Tableau A5.1 Guide des distances minimales à respecter de l'OMM (tiré de WMO, 2004)

| Potential Interference                                                                           | Minimum Distance to Site (km) |          | Examples, Notes and Local Considerations                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                  | Global                        | Regional |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SO <sub>2</sub> or NO <sub>x</sub> Point Source<br>>100 tonnes per year<br>>1000 tonnes per year | 50<br>100                     | 20<br>50 | If emission sources (such as power plants, refineries, chemical plants, smelters or other major industrial facilities) are located in the general upwind direction from the collector, then the regional distances indicated should be doubled.                                           |
| Major Industrial Complex                                                                         | 150                           | 50       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Town, population 1,000-10,000                                                                    | 25                            | 10       | Future population growth and associated land development should be considered carefully, especially for towns and villages near a station. If population centres are located in the general upwind direction from the collector, then the regional distances indicated should be doubled. |
| Town, population 10,000-25,000                                                                   | 50                            | 20       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| City, population 25,000-100,000                                                                  | 100                           | 50       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| City, population >100,000                                                                        | 200                           | 100      |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Major highway, airport, railway,<br>shipping lane, harbour                                       | 25                            | 5        | Moving sources of pollution, such as air, ground, or water traffic or the medium on which they traverse (e.g., runway, taxiway, road, tracks, or navigable river), should not be within 500 metres of the collector.                                                                      |
| Secondary road, heavily travelled                                                                | 5                             | 1        | The local road network around the site is of particular concern. Traffic volume and type as well as road surface will largely determine the impact at the site.                                                                                                                           |
| Secondary road, lightly travelled                                                                | 1                             | 0.5      |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Feedlot operations                                                                               | 50                            | 2        | Acceptable distances will vary greatly depending on size of the operation. Even small concentrations of animals should be housed no closer than 500 metres. If the feedlot, dairy barn or animal waste pile can be smelled at the collector, it is too close.                             |
| Intensive agricultural activities                                                                | 10                            | 2        | Surface storage of agricultural products, fuels, vehicles or other source materials should be kept at least 500 metres from the collector.                                                                                                                                                |
| Limited agricultural activities                                                                  | 1                             | 0.4      | Storage of small amounts of agricultural products, fuels, or other source materials should be kept at least 200 metres from the collector and well sealed.                                                                                                                                |
| Parking lot or large paved area                                                                  | 0.5                           | 0.2      | On-site parking lots and maintenance yards also need to be kept at least 300 metres from the collector.                                                                                                                                                                                   |
| Building with fuel combustion                                                                    | 1                             | 0.4      |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Sewage treatment plant                                                                           | 20                            | 2        |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Active volcano, fumarole, etc.                                                                   | 100                           | 20       | Geothermal sites including geysers and springs may have significant emissions and should be avoided.                                                                                                                                                                                      |
| Natural salt, dust, alkali sources                                                               | 2                             | 2        | Windswept materials from salt and alkali flats as well as sea spray from coastlines can contaminate samples.                                                                                                                                                                              |
| Tree line, building                                                                              | 0.05                          | 0.05     |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Tableau A5.2 Caractéristiques de performance minimales des collecteurs de dépôts humides automatiques (tiré de WMO, 2004)

|                                                                            |                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Range                                                                      | Unattended (no user intervention) collection of precipitation samples of 0.05 to 25 cm liquid equivalent depth                                                                                                            |
| Sensitivity and false positive operation                                   | Opens within 5 seconds of the onset of precipitation of any type or rate. Closes within 120 seconds of the cessation of precipitation. Does not open in the absence of precipitation                                      |
| Accuracy: sample volume in relation to standard precipitation gauge amount | +0% to -20% for liquid equivalent depths of 0.05 to 0.25 cm of precipitation and +0% to -10% for liquid equivalent depths >0.25 cm of precipitation, except for snow*                                                     |
| Real time recording                                                        | Records opening and closing within 5 minutes of a polled request and provides a report on the status of important functional components (e.g., sensor)                                                                    |
| Operating temperature range                                                | -45°C to +50°C                                                                                                                                                                                                            |
| Operating wind limit                                                       | Sample container opens and closes properly, 15 m s <sup>-1</sup> steady, 25 m s <sup>-1</sup> gust                                                                                                                        |
| Reliability, maintainability, availability                                 | Periodic maintenance interval ≥90 days, mean time between failures >500 days, and mean time to repair or maintain ≤60 minutes                                                                                             |
| Electrical Power                                                           | Powered by ac line power (with optional 12-volt dc battery operation during line current interruptions) or powered by 12-volt dc battery with solar panel recharge                                                        |
| Height                                                                     | Precipitation sampler orifice and sensor are 1.0 to 1.5 m above surface and can be adjusted readily to maintain 1.0 m height above accumulated snow                                                                       |
| Precipitation sample container                                             | All sample container surfaces (funnel, bottle, tubing etc.) contacted by precipitation are chemically inert for the constituents measured; capacity should be adequate to hold all precipitation from the sampling period |
| Precipitation sample container orifice                                     | A lid must seal the orifice against evaporation or gas and particle intrusion during dry weather                                                                                                                          |
| Contamination from splash                                                  | Splash from instrument surfaces must not enter the collection orifice                                                                                                                                                     |

\* Goodison et al., 1998

Tableau A5.3 Recommandations par rapport aux périodes d'échantillonnage (tiré de WMO, 2004)

| Sampling Period Specifications |                                     |                          |                         |      |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Sampler Type                   | Duration                            | Start Time               | Appropriateness for GAW | Note |
| Wet only                       | 24 hour                             | 0900 local time          | Highly recommended      | 1    |
| Wet only                       | Multi-day<br>Not to exceed 7 days   | 0900 local time          | Recommended             | 2    |
| Wet only                       | >7 days<br>2 week or monthly        | 0900 local time          | Not recommended         | 3    |
| Wet only                       | Event or Storm<br>Duration variable | Collection time variable | Not recommended         | 4    |
| Bulk                           | 24 hour                             | 0900 local time          | Discouraged             | 5    |
| Bulk                           | Multi-day                           | 0900 local time          | Strongly discouraged    | 6    |

- Requires daily visits to site, which may not be possible for some remote locations.
- Provides a less costly option than daily sampling, with fewer samples and site visits.
- Greater chance that samples may be altered if they remain in the field for such long periods. Infiltration of dust or other materials is more likely than with daily or weekly sampling. A missing or invalid sample due to sampler malfunction or sample contamination may compromise or invalidate seasonal or annual averages.
- Requires a full-time site operator and constant monitoring of precipitation. Labour-intensive and costly. Provides valuable research data but may not be practical for long-term monitoring.
- While discouraged due to the possibility of sample contamination, 24-hour bulk data may be accepted for certain remote, harsh environments where dry deposition is minor and where wet-only sampler designs have been proven ineffective. Approval by the GAW Precipitation Chemistry Programme Science Advisory Group is required prior to the establishment of new bulk sampling sites.
- Bulk samples with a sampling period longer than 24 hours are assumed to be contaminated by dry deposition and/or other materials. Data from existing sites will be made available by the WDCPC only upon request. Acceptance of new bulk sampling sites is unlikely.